

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroenergetiky**

**Návrh zkušebny důlních strojů**  
**Proposal for mine machinery testing station**

## Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. Tomáš Loveček**

Studijní program:

N2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

3907T001 Elektroenergetika

Téma:

Návrh zkušebny důlních strojů  
Proposal for mine machinery testing station

Zásady pro vypracování:

V diplomové práci zpracujte následující problematiku:

- o Problematika elektroenergetiky důlních zařízení.
- o Způsob připojení na síť.
- o Stávající technické podmínky pro připojení.
- o Blokové schéma zkušební aparatury.
- o Technicko ekonomické vyhodnocení variant řešení.
- o Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- o Hradílek Z.: Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí, skriptu VŠB-TU Ostrava 2008
- o Krejčí P.: Cvičení z elektroenergetiky, skripa VŠB-TU Ostrava 2003
- o Santarius, P.: Elektrické stanice a vedení, VŠB Ostrava 1993
- o <http://www.eru.cz/>
- o <http://www.ceps.cz/>
- o Další podle pokynů vedoucího práce

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Radomír Goňo, Ph.D.**

Datum zadání: 20.11.2009

Datum odevzdání: 07.05.2010



prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry

prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.  
děkan fakulty

# PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Vedoucí diplomové práce je oprávněn přesvědčit se o samostatnosti vypracování diplomové práce. Pokus o podvod bude stíhán dle zákona.

**V Ostravě dne:**

**Podpis:**

**Poděkování:** Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Radomíru Goňovi, Ph.D. za jeho rady a čas, který této diplomové práci věnoval. Dále děkuji pracovníkům firmy T Machinery a.s. za poskytnuté informace a podklady pro tuto diplomovou práci.

# ABSTRAKT

Česky:

Diplomová práce se věnuje technickému návrhu zkušebny důlní techniky. Část teoretická je věnována obecné problematice elektroenergetiky důlních rozvodů a zařízení. Část praktická je věnována popisu již uskutečněných částí projektu zkušebny a části, která se bude v následujících měsících realizovat. Na závěr je zhodnocen přínos projektu pro firmu z hlediska zlepšení kvality produktů a také z hlediska finanční návratnosti projektu.

Anglicky:

Thesis is attended to technical proposal for mine machinery testing station. Theoretical part is attended to general energetical questions of mining power-circuit wiring and devices. Practical part is attended to description of completed parts and to parts which will be realized in following months. At the end is estimated benefit for company in quality of products and economic return viewpoint.

# KLÍČOVÁ SLOVA

Česky: důlní rozvody, směrová ochrana, transformátor, rozvaděč, zkušební pracoviště

Anglicky: mining power-circuit wiring, directional protection, transformer, switchboard, testing station

## Obsah

I. Úvod.....	7
II. Teoretická část.....	8
1. Problematika elektroenergetiky důlních zařízení.....	8
2. Způsob připojení na síť.....	9
2.1. Hlavní transformovna.....	9
2.2. Hlavní rozvody v patrech.....	11
2.3. Stanovení způsobu a podmínek pro provoz důlních sítí, určení optimální sítě pro použití v daných podmínkách.....	11
2.4. Důlní kabelová síť VN.....	12
2.5. Důlní kabelová síť NN.....	12
2.6. Síť s izolovaným uzlem.....	14
2.7. Způsoby zjišťování zemních poruch.....	20
2.8. Zjištění zemního spojení v sítích VN.....	22
2.9. Zjišťování vývodů se zemním spojením.....	22
2.10. Síť s izolovaným uzlem.....	24
2.11. Měření přechodových odporů zemních poruch důlních kabelů.....	26
III. Praktická část.....	28
3. Popis objektu.....	28
3.1. Místo realizace.....	28
3.2. Účel a přínos realizace projektu.....	29
3.2.1. Obecně.....	29
3.2.2. Technické možnosti projektu.....	30
3.3. Obecný popis.....	30
3.4. Koncepční popis.....	31
3.5. Technický popis.....	33
3.5.1. Kabelový přívod.....	33
3.5.2. Transformátorová stanice.....	33
3.5.3. Rozvaděče zkušebny důlní techniky.....	35
3.5.3.1. Rozvaděč RG1.....	35
3.5.3.2. Rozvaděč RG2.....	37
3.5.3.3. Rozvaděč RG3.....	39
3.5.3.4. Rozvaděč RG4.....	40
3.5.3.5. Rozvaděč RG5.....	42
3.5.3.6. Rozvaděč RG6.....	43
3.5.3.7. Rozvaděč RG7.....	44
3.5.4. Zkušební pracoviště.....	46
3.6. Finanční bilance.....	47
3.6.1. Odhadované náklady na pořízení majetku.....	47
3.6.2. Ekonomická návratnost projektu z pohledu úspor servisních nákladů.....	48
IV. Závěr.....	50
V. Použitá literatura.....	51
VI. Přílohy.....	52

## I. Úvod

Zkušebna důlní techniky popsaná v této práci je realizována v areálu firmy T Machinery a.s. Realizace zkušebny vychází z potřeby společnosti zajistit u vyráběných zařízení odpovídající kvalitu a spolehlivost. Zkušebna bude také významným způsobem rozšiřovat možnosti výzkumného a vývojového oddělení firmy, což se pozitivně odrazí na kvalitě vyráběných zařízení. A v neposlední řadě je důvodem vybudování zkušebny také vzrůstající podíl těžby uhlí v Rusku a asijských státech. Zejména pak v Číně a Indii se rozvíjí průmyslová výroba. S tím souvisí i požadavky na dodávky energií, což má vliv na těžbu uhlí v těchto zemích. Proto je nutností zvýšit kvalitu dodávaných strojů a zařízení a zkušebna je ke splnění stále vyšších požadavků ideálním prostředkem.

Teoretická část rozebírá problematiku elektroenergetiky důlních zařízení.

V praktické části je popsáno místo realizace zkušebny, možnosti přínosu, v technickém popisu je rozebráno technické řešení jednotlivých částí zkušebny a na konec je uvedena i finanční bilance.

## II. Teoretická část

### 1. Problematika elektroenergetiky důlních zařízení

Důlní závody jsou převážně napájeny na napěťové hladině 22 kV, větší závody mají přípojku 110 kV. Ta je provedena buďto přímo z elektrárny, nebo z rozvodny VVN. [4]

Hlubinný důl je jako celek považován za objekt, který musí mít zajištěn 1. stupeň dodávky elektrické energie. Musí mít tedy provedeno napájení dvěma nezávislými vedeními VN. Každé z těchto vedení musí samo přenést celou potřebnou elektrickou energii, pokud bude jedno v poruchovém stavu. Jedná se zde o 100% pohotovou zálohu napájení. Okamžitý příkon musí mít zabezpečeny těžní stroje, čerpací stanice a ventilátory.

Veškeré sítě v hlubinných dolech jsou provozovány jako izolované – s izolovaným nebo nevyvedeným uzlem napájecího transformátoru. (Dle ČSN 33 2000-4-41 Elektrotechnické předpisy – Elektrická zařízení, část 4 – Bezpečnost je označena jako síť IT).

Nejčastěji jsou používány napěťové soustavy 6 kV, 1 kV, 500 V a pro osvětlení a signalizaci 220 V.

Izolační stav důlních elektrických sítí je sledován přístroji pro kontrolu izolačního stavu.

Napěťová soustava vysokého napětí je v hlubinných dolech nejrozsáhlejší. Je provozována jako izolovaná soustava a je společná pro povrch i důl. Protože jsou z této sítě (kromě důlních provozů) napájena i těžní zařízení, hlavní ventilátory, kompresory a ostatní povrchová zařízení, je báňskými předpisy předepsána jen signalizace izolačního stavu bez vypínání. Signalizace musí být zajištěna na místa se stálou obsluhou, signalizuje se snížení izolačního stavu pod hodnotu  $50\Omega/1\text{ V}$ .

Elektrické sítě nízkého napětí s příkonem větším než 5 kVA lze provozovat v dole jen za předpokladu, že jsou vybaveny hlídačem izolačního stavu, který v plynujících dolech zajistí vypnutí této sítě při poklesu izolačního odporu sítě pod  $15\Omega/1\text{ V}$  (odst. 2 § 231 a vyhlášky ČBÚ č. 22/1989 Sb.).



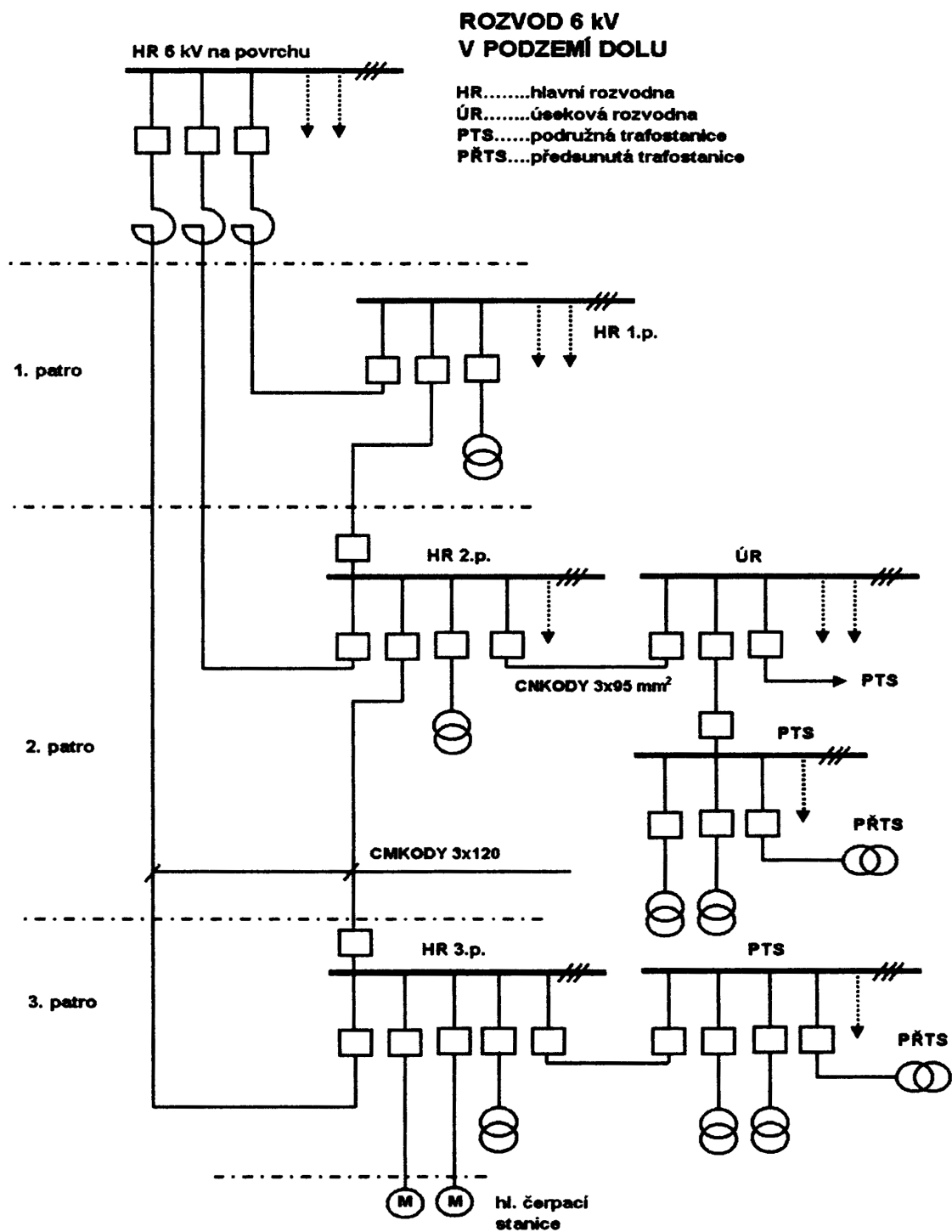
Kabelové sítě VN mají v hlubinných dolech značný rozsah a dosahují délky 50 i více kilometrů. Jejich kapacitní proudy jsou běžně v rozsahu 25 – 45 A, v některých případech i 90 A. Při zemních spojeních v takto rozsáhlé síti je v místě poruchy uvolněna značná tepelná energie. Protože v soustavách VN nemůže být použito vypínání hlídačem izolačního stavu, je nutné k zajištění bezpečnosti volit správné konstrukční provedení kabelů a použití rychle působících zemních ochran. Zároveň je nutné provést u sítí VN i opatření k omezení kapacitních proudů. Kabelové sítě NN zpravidla nemají takový rozsah, jejich kapacitní proudy jsou 2 – 3 A.

## 2. Způsob připojení na síť

### 2.1. Hlavní transformovna

Hlavní transformovna je na povrchu hlubinného dolu a transformuje napětí 22 / 6 kV. Napětím 6 kV jsou napájeny velké motory v povrchové i hlubinné části dolu.

Do podzemního dolu musíme přivést elektrickou energii vysokého napětí, protože příkony zařízení dosahují velikosti několika MW. Zkratový výkon nesmí být v podzemní části dolu větší než 100 MVA. Této nízké hodnoty zkratového výkonu je možné dosáhnout napájením podzemí ze samostatných úseků přípojníc hlavní rozvodny a vhodně zvoleným transformátorem, který bude mít co největší rozptylovou indukčnost, aby nebylo nutné použít reaktory k omezování zkratových proudů.



Obr. 1 Rozvod 6 kV v podzemí dolu

## 2.2. Hlavní rozvody v patrech

Rozvody jsou napájeny nejméně dvěma, ale i třemi napájecími kabely. Jeden je veden průběžně přes všechna patra dolu na hlavní těžební patro. Druhý přívodní kabel je zasmyčkován v rozvodnách na každém patře dolu. Při poruše kteréhokoli kabelu musí zbývající kabely přenést celý potřebný příkon elektrické energie.

Podružné transformátorové stanice PTS jsou napájeny pomocí kabelů o napětí 6 kV z hlavní rozvodny. Pro jejich umístění na patrech je důležité zajistit dobré chlazení. Elektrické spotřebiče v těžebních úsecích dolu jsou napájeny z trafostanic umístěných v centru spotřeby. Tyto transformátorové stanice převádí napětí 6 / 1 kV nebo 6 / 0,5 kV.

Předsunuté trafostanice jsou připojeny z hlavní stanice patra jediným vysokonapěťovým kabelem.

Olejoyé transformátory jsou v dolech nahrazovány suchými transformátory. Z rozvodny jsou napájeny elektrické pohony porubů, osvětlení a signální zařízení až do vzdálenosti 800 m.

## 2.3. Stanovení způsobu a podmínek pro provoz důlních sítí, určení optimální sítě pro použití v daných podmínkách

Za optimální kabelovou síť lze z hlediska bezpečnosti považovat takovou důlní síť, kde při poškození (proražení) kabelu v důsledku mechanického poškození nedojde k zapálení (výbuchu) zaplynovaného důlního ovzduší. [1]

Za nejspolehlivější řešení lze předpokládat:

- volbu druhu provozované sítě
- vhodné konstrukční provedení kabelu
- použití rychlé a spolehlivé ochrany, zajišťující využití při zemním spojení

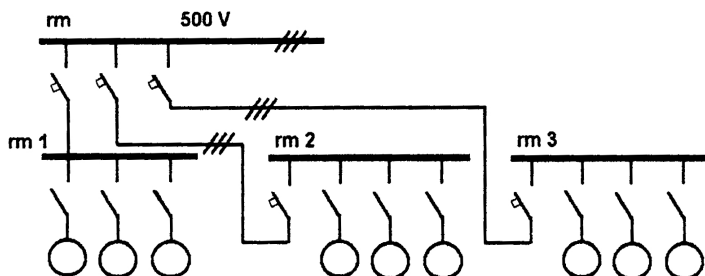
## 2.4. Důlní kabelová síť VN

Nejmenší poruchové proudy při zemních spojeních bude mít důlní kabelová síť s automatickou kompenzací kapacitních proudů. Proudů tekoucí do země v místě poškození kabelu při použití soustavy s uzemněným uzlem přes ochranný odpor jsou větší, než proudy kapacitní v kabelové síti bez kompenzace kapacitních proudů. I přes rychlejší vypnutí sítě při zemní poruše a lepším tlumení přechodových přepětí při vzniku a zániku zemní poruchy brání tato nevýhoda tomu, abychom doporučovali síť s uzemněním uzlu přes odpor jako náhradu provozu sítě s izolovaným uzlem nebo jim dávali přednost před automatickou kompenzací zemních kapacitních proudů zhášecími tlumivkami.

## 2.5. Důlní kabelová síť NN

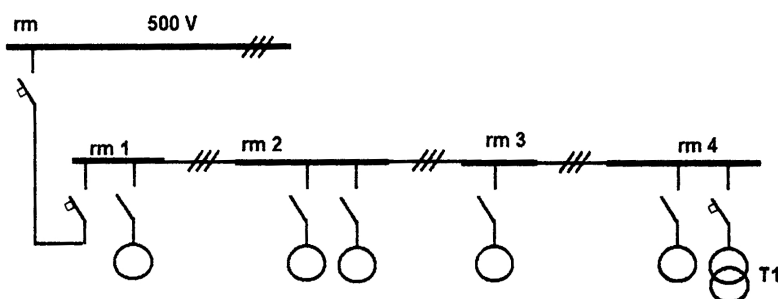
Jak již bylo uvedeno, s výjimkou kabelových sítí, jejichž napájecí transformátor má příkon menší než 5 kVA, musí být použit přístroj pro kontrolu izolačního stavu, který zjišťuje zemní spojení. Také velikost kapacitních proudů je v důlních kabelových sítích NN v porovnání se sítěmi VN zanedbatelná. Nebezpečí destrukce kabelů při zemním spojení na povrch vnějšího pláště kabelu je proto podstatně menší.

### NAPÁJENÍ EL. SPOTŘEBIČŮ



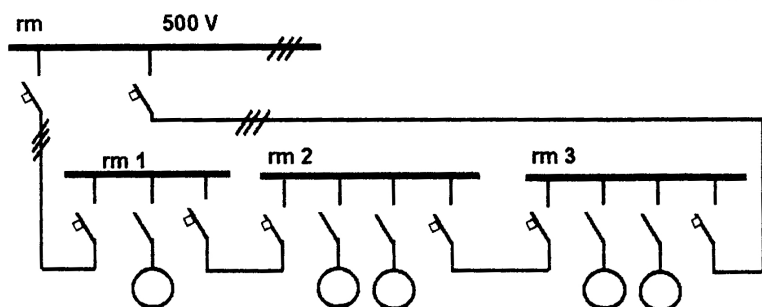
Obr. 5.10

**PAPRSKOVÝ ROZVOD**  
(v okruhu podružné nebo  
předsunutě trafostanice)



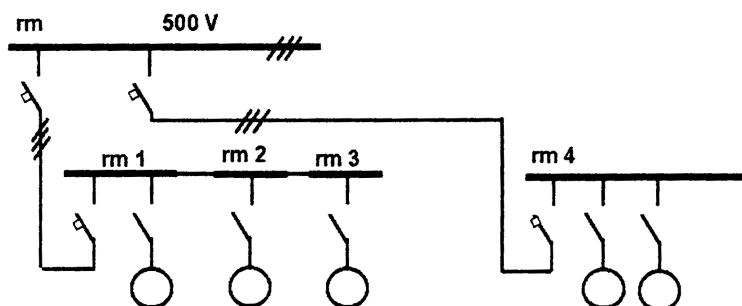
Obr. 5.11

**PRŮBĚŽNÝ ROZVOD**  
(pásová doprava a pohony  
roztrožené po chodbách)



Obr. 5.12

**OKRUŽNÍ ROZVOD**



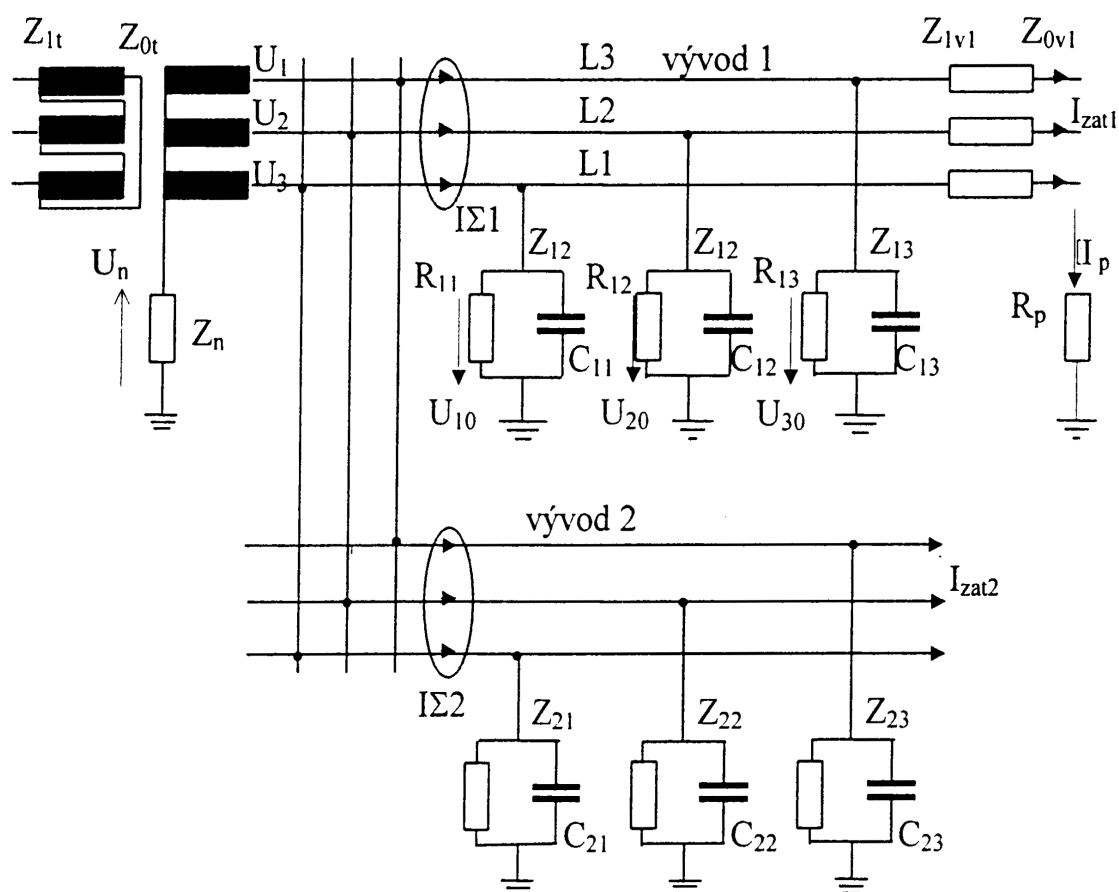
**KOMBINOVANÝ ROZVOD**  
(pro napájení porubů)

Obr. 2 Schémata důlních kabelových sítí

## 2.6. Síť s izolovaným uzlem

V této síti nejsou mezi uzlem a zemí a ani mezi fázemi a zemí připojeny žádné impedance [2]. Výjimkou jsou jednofázové přístrojové transformátory napětí a síťové kapacity proti zemi a jejich svodové odpory.

Obecná síť se dvěma vývody napájená transformátorem Dy0 je na Obr. 3 (za předpokladu  $Z_n = \infty$ ). Dva vývody v tomto i následujícím schématu jsou znázorněny pro objasnění rozdílu mezi proudy u vývodu se zemní poruchou a u vývodu bez poruchy.



Obr. 3 Obecná síť se dvěma vývody

V síti bez poruchy jsou kapacity fází jednotlivých vedení proti zemi i jejich svodové odpory přibližně symetrické ( $C_1 = C_2 = C_3$ ;  $R_{c1} = R_{c2} = R_{c3}$ ) a při napájení ze symetrického zdroje jsou i napětí fází proti zemi stejně velké, uzel sítě má proti zemi prakticky nulové napětí. Stejně velké jsou i proudy síťových kapacit proti zemi v jednotlivých fázích a vzhledem k jejich posunutí o  $120^\circ$  je jejich součet nulový. Tyto poměry znázorňuje i levá část Obr. 4, na které je fázorový diagram napětí a zemních kapacitních proudů pro symetrickou síť bez poruchy.

Při zemní poruše (znázorněné na Obr. 5) se symetrie impedancí proti zemi (a tím i napětí proti zemi) poruší. Ke změně dojde i u velikostí a v úhlech kapacitních proudů v jednotlivých fázích. Místem poruchy teče do země proud, který se vrací přes kapacity nepostižených fází a přes napájecí transformátor.

Obecné náhradní schema, ze kterého se vychází při určení poměrů jednopólových zemních poruchách v distribučních sítích pomocí symetrických složek, je na Obr. 6.

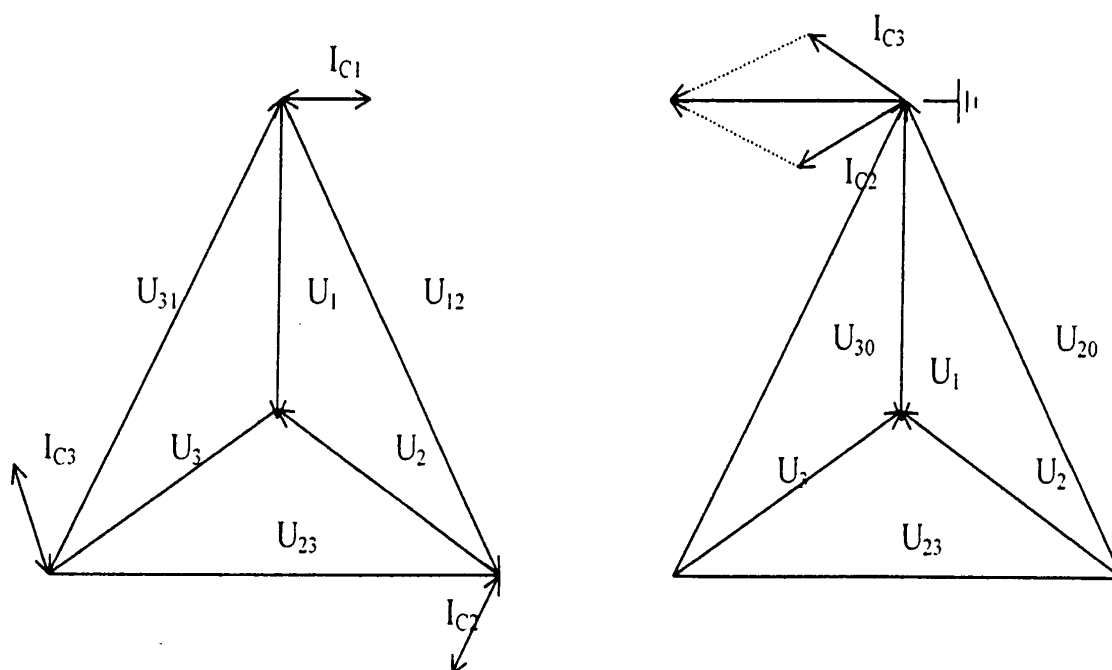
U sítí s izolovaným uzlem i u sítí s kompenzací zemních kapacitních proudů je možné bez ovlivnění výsledků zanedbat vnitřní impedanci transformátoru, podélné impedance vedení a mezifázové kapacity.

Za těchto předpokladů pro napětí uzlu a poruchový proud při zemním spojení s přechodovým odporem  $R_p$  u sítě s izolovaným uzlem platí náhradní schema na Obr. 7, podle

kterého lze psát  $3C = C_1 + C_2 + C_3$  a  $\frac{1}{R_c} = \frac{1}{R_{c1}} + \frac{1}{R_{c2}} + \frac{1}{R_{c3}}$

$$U_N = U_f \cdot \frac{\frac{1}{R_p}}{\frac{1}{R_p} + \frac{3}{R_c} + j3\omega C} \quad (1)$$

$$I_p = U_f \cdot \frac{\frac{1}{R_p}}{\frac{1}{R_p} + \frac{3}{R_c} + j3\omega C} \cdot \left( \frac{3}{R_c} + j3\omega C \right) \quad (2)$$



**Obr. 4 Fázory napětí a zemních kapacitních proudů v síti s izolovaným uzlem**

Protože svodové odpory jsou u nepostižených fází 20 – 50 krát větší než kapacitní reaktance, je u sítí s izolovaným uzlem možné vztahy (1) a (2) zjednodušit na

$$U_N = U_f \cdot \frac{\frac{1}{R_p}}{\frac{1}{R_p} + j3\omega C} \quad (3)$$



$$I_p = U_f \cdot \frac{\frac{1}{R_p}}{\frac{1}{R_p} + j3\omega C} \cdot j3\omega C \quad (4)$$

Pro zemní spojení s malým přechodovým odporem ( $R_p \rightarrow 0$ ) má poruchový proud velikost

$$I_p = j3\omega C \cdot U_f \quad (5)$$

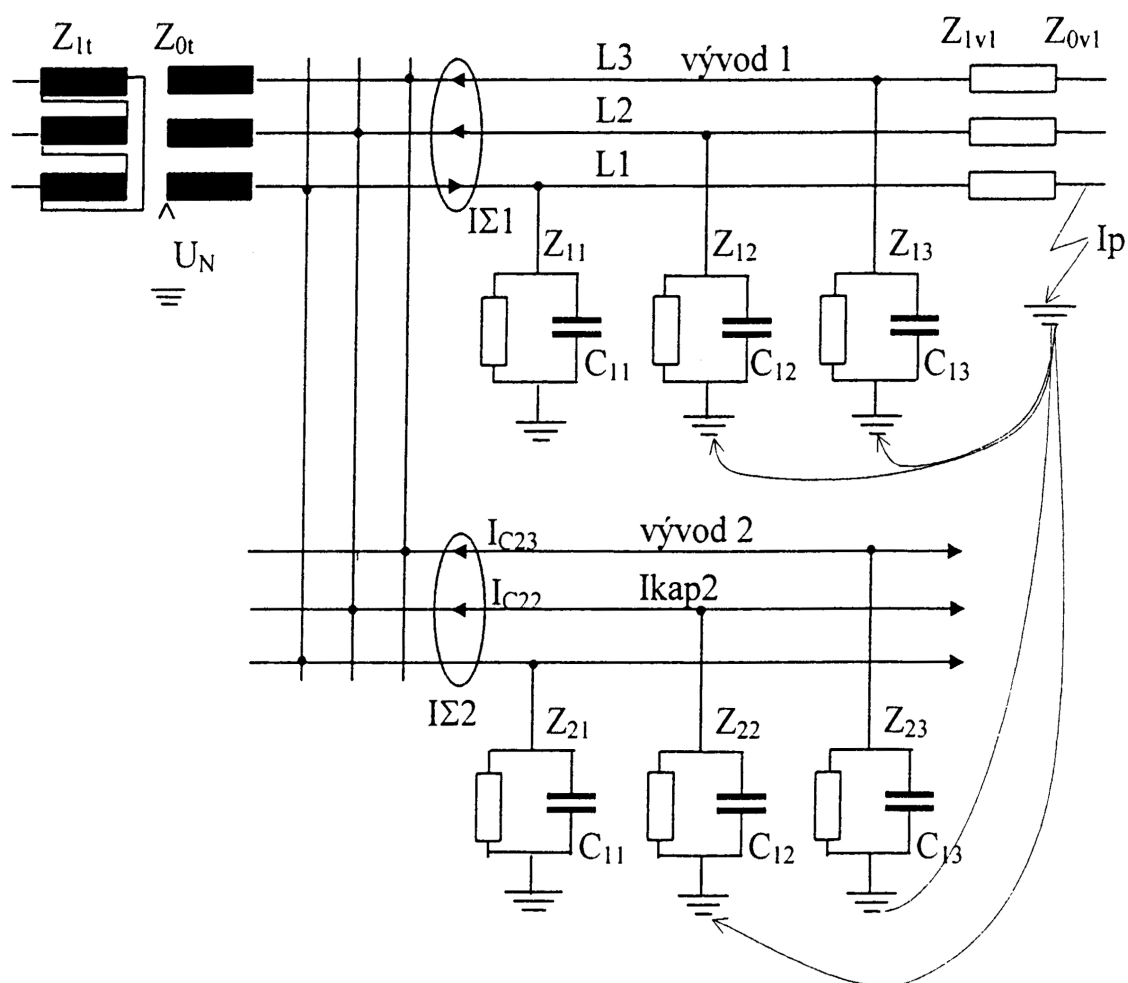
který se obvykle označuje jako kapacitní proud sítě  $I_{\text{kap}}$  a je měřítkem pro její rozsah i volbu způsobu provozu uzlu. Pro tento případ jsou napěťové a proudové poměry znázorněny v pravé části Obr. 4.

Dalším důležitým parametrem při poruchách je výkon  $P_p$ , uvolňovaný v místě zemní poruchy, vyvolaný průtokem proudu  $I_p$  přechodovým odporem poruchy  $R_p$

$$P_p = R_p \cdot I_p^2 \quad (6)$$

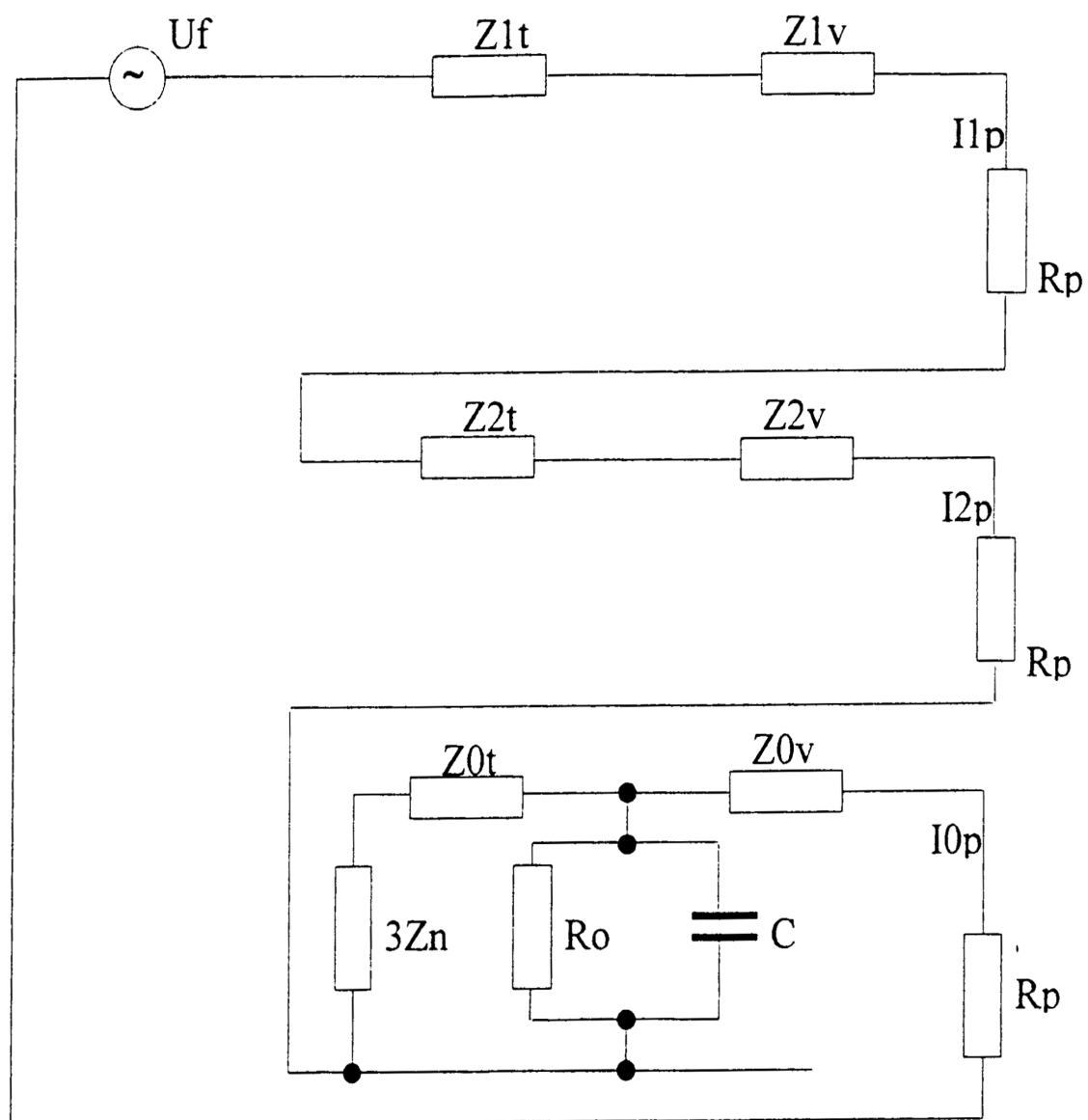
Velikost kapacitních proudů u sítí se obvykle určuje výpočtově podle délky vedení a měrných velikostí kapacitních proudů.

Protože měrné hodnoty kabelů se mohou dost lišit od skutečných (zejména pak u kabelů s papírovou, olejem impregnovanou izolací), doporučuje se v případech, kde je potřebná přesnější znalost kapacitních proudů je zjišťovat měřením.

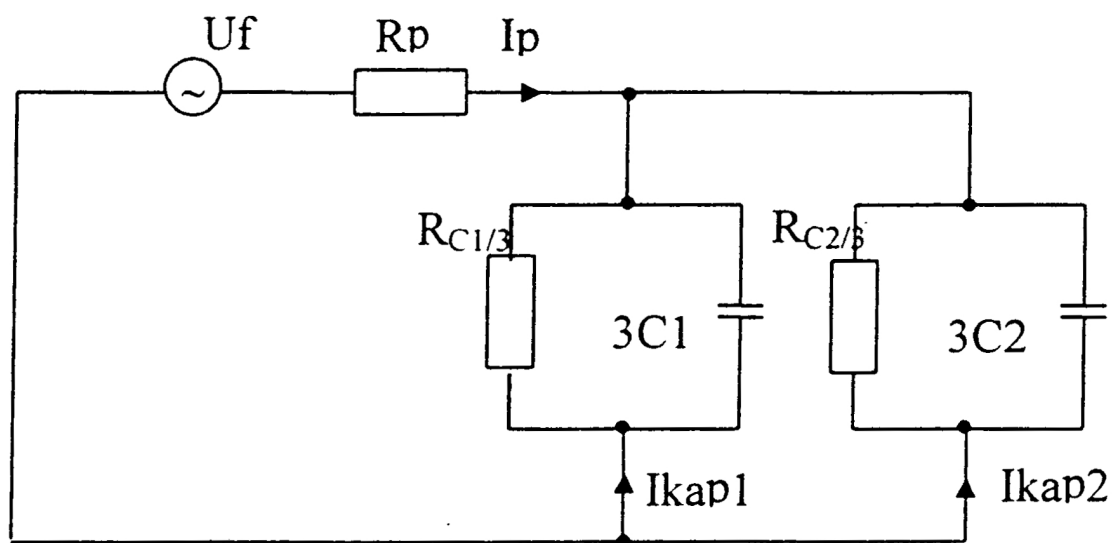


**Obr. 5 Zemní spojení v síti s izolovaným uzlem**

Poruchový proud má v síti s izolovaným uzlem kapacitní charakter, jeho zhášení je u obloukových poruch obtížné, provázané se znovuzápalý a následnými přepětími v síti. I z těchto důvodů je omezeno používání izolovaného uzlu na malé sítě. Dřívější norma připouštěla mezní rozsah 10 A kapacitního proudu, od rozsahu sítě 5 A již kompenzaci zemních kapacitních proudů doporučovala. Další možností pro tyto sítě je provoz s uzlem uzemněným přes činný odpor.



Obr. 6 Symetrické složkové soustavy při jednopólové poruše v síti VN



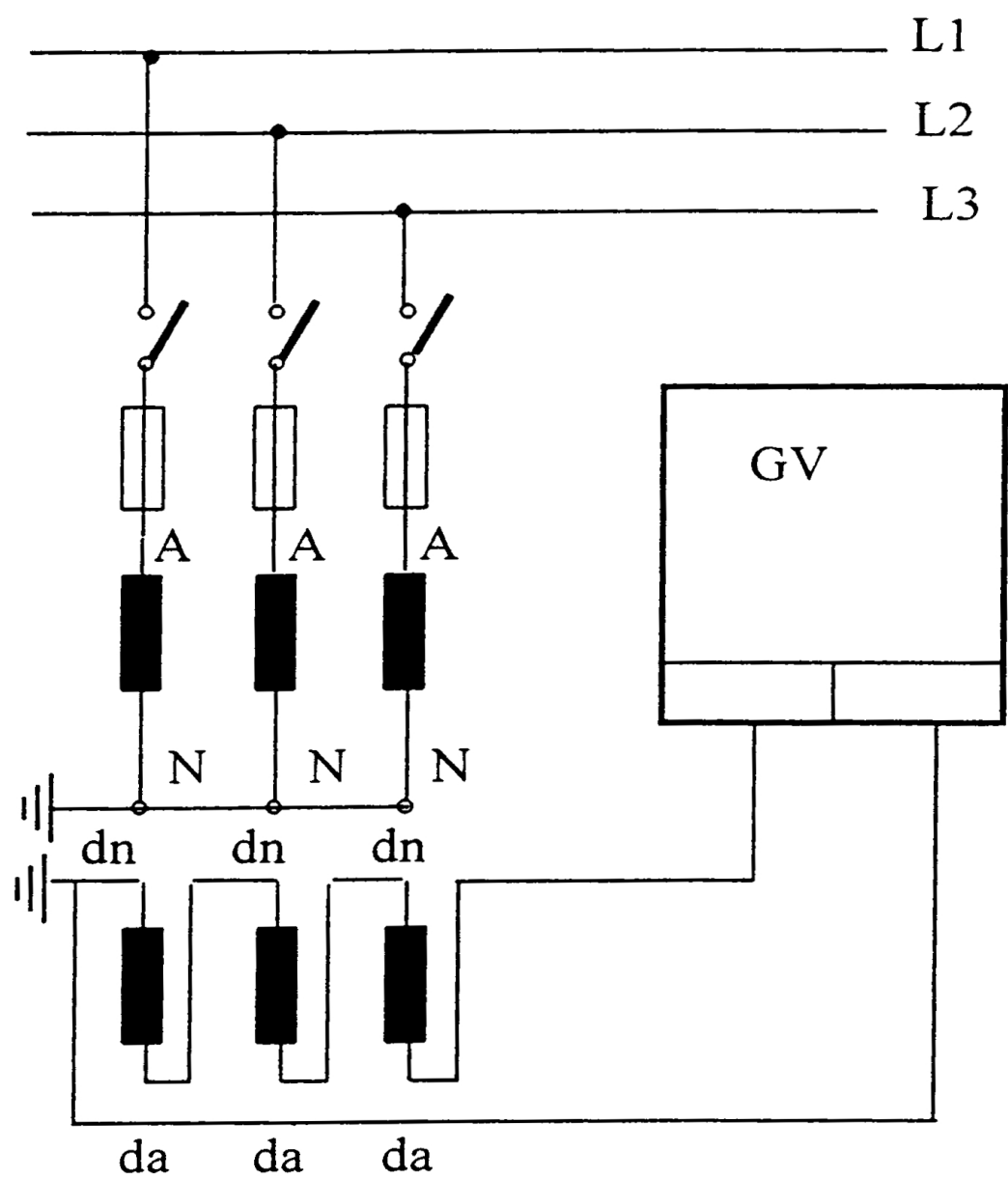
*Obr. 7 Náhradní schema pro zemní spojení v síti s izolovaným uzlem*

## 2.7. Způsoby zjišťování zemních poruch

Zjišťování zemních poruch v sítích VN lze rozdělit do dvou skupin [3]:

- rozpoznání poruchy „někde“ v síti
- zjištění vývodu se zemní poruchou

K těmto dvěma účelům se používají různé druhy ochran reagující na veličiny, které jsou charakteristické pro síť s poruchou a veličin charakteristických pro vývod se zemní poruchou. U sítí, které mohou být provozovány se zemní poruchou a mají malý rozsah, postačí obvykle pouze informace o zemní poruše v síti. U sítí s povinností rychle vypínat při zemních poruchách jsou zemní ochrany jednotlivých vývodů podmínkou jejich bezpečného a spolehlivého vypnutí.



Obr. 8 Zemní ochrana sítě

## 2.8. Zjištění zemního spojení v sítích VN

Velikost, podle které v sítích s izolovaným uzlem nebo kompenzací zemních kapacitních proudů rozlišujeme mezi normálním stavem a stavem se zemní poruchou, je napětí uzlu sítě, pro které byly uvedeny vztahy (1) a (6).

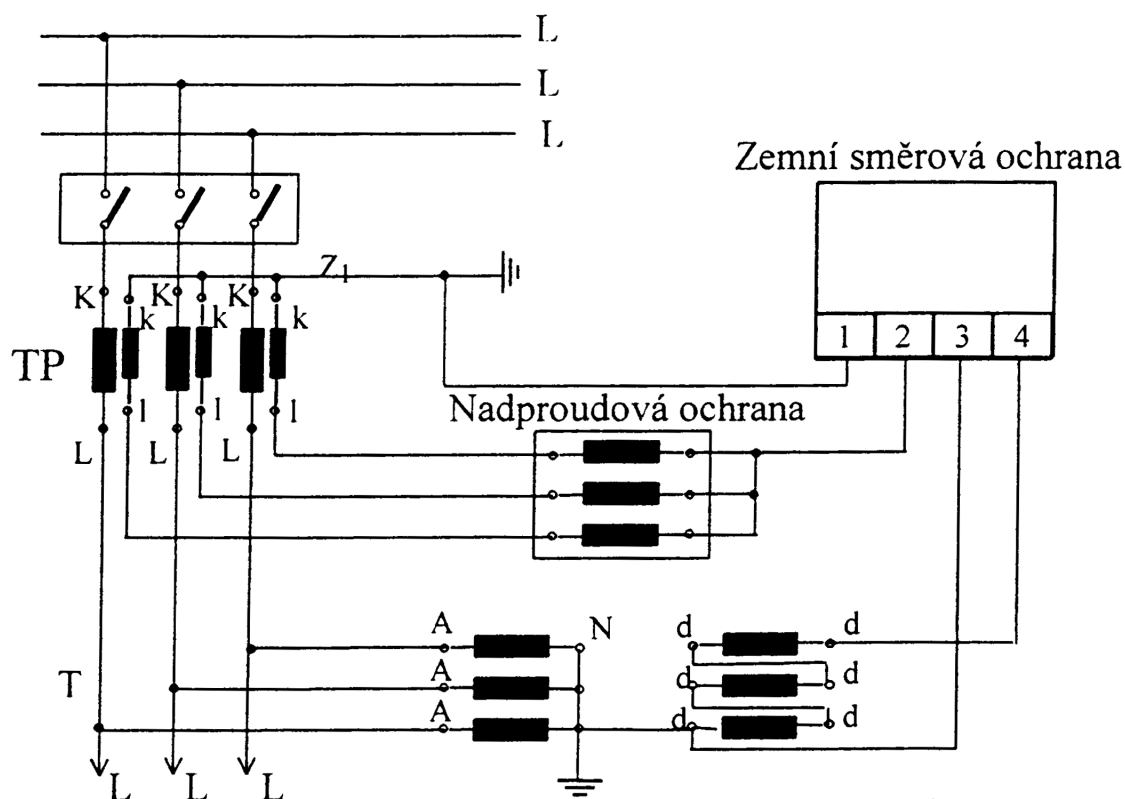
Dosáhne-li v síti přechodový odpor poruchy  $R_p$  takovou velikost, při které napětí uzlu přesáhne stanovenou mez 33% fázového napětí, je tento stav považován za zemní spojení. Tomuto meznímu napětí uzlu v síti neodpovídá žádná stálá hodnota  $R_p$ , čím je větší síť, tím menší odpor  $R_p$  se projeví jako zemní spojení. U sítí s kompenzací zemních kapacitních proudů pak postačí mnohem menší pokles svodového odporu jedné fáze, aby napětí uzlu stouplo nad mez pro zemní spojení, než u sítí s izolovaným uzlem.

Prakticky se napětí uzlu zjišťuje měřením pomocných vinutí transformátorů napětí spojených do otevřeného trojúhelníka (obr. 8). Toto zapojení vytváří filtr pro nulovou složku. Poruší-li se symetrie napětí fází sítě proti zemi, na výstupu otevřeného trojúhelníka mezi svorkami da, dn (dříve r, s), které odpovídá součtu fázorů jednotlivých napětí proti zemi, je nulová složka napětí. Převod pomocného vinutí je volen tak, aby při plné nesymetrii napětí (kovovém zemním spojení) bylo na výstupu jmenovité napětí 100 V.

## 2.9. Zjišťování vývodů se zemním spojením

Vývod se zemní poruchou se odlišuje od nepostižených vývodů poruchovým proudem, jehož velikost byla pro síť s izolovaným uzlem popsána vztahy (2), resp. (3).

Vzhledem k velikostem těchto proudů v porovnání s proudy zátěže je ve většině případů nelze jednoduše zjistit přímo pomocí měření proudů jednotlivých fází, jako je tomu např. v sítích 110 kV, kde proudy zemních poruch většinou mnohonásobně překračují provozní proudy. Ke zjišťování postiženého vývodu se proto opět používají takové veličiny, ve kterých se fázové proudy neuplatňují - netočivá složka proudu, pro určení směru netočivá složka výkonu.



**Obr. 9** Zapojení zemní směrové ochrany do uzlu fázových TP

Ke zjištění netočivé složky proudu vývodu se používá tzv. součtové zapojení proudových transformátorů, v jejichž uzlu se uzavírá proud (Obr. 9)

$$I_{\Sigma} = I_1 + I_2 + I_3 \quad (7)$$

popř. se pro její zjištění (u kabelových vývodů) využívají součtové proudové transformátory, které obepínají všechny tři fáze (Obr. 10). Převod těchto součtových transformátorů je obvykle 100/1 A, případně 120/1 nebo 60/1 A. Speciální proudové transformátory pro zemní jištění, tzv. transformátory třídy H se v distribučních sítích nepoužívají.

Přímé využití proudu k určení vývodu se zemní poruchou přichází v úvahu jen u těch sítí, u kterých je principiálně i prakticky proudové kritérium dostatečně jednoznačné, jinak se používá směrové výkonové, popř. směrové nadproudové kritérium.

## 2.10. Sítě s izolovaným uzlem

U sítí s izolovaným uzlem platí, že součtový proud vývodu s poruchou má velikost danou rozdílem kapacitního proudu celé sítě a proudu vlastního vývodu (u sítě s jedním vývodem je tento proud nulový!). U sítě na Obr. 5 je to u vývodu č. 1 s poruchou.

$$I_{\Sigma 1} = I_{kap} - I_{kap1} \quad (8)$$

U nepostiženého vývodu č. 2 má součtový proud velikost

$$I_{\Sigma 2} = -I_{kap2} \quad (9)$$

Aby bylo možné využít pro zjištění vývodu se zemní poruchou proudové kritérium, musí platit pro každý vývod, že proud zemní ochrany se dostatečně liší při poruše na vlastním vývodu a mimo vývod.

Tato podmínka však musí být splněna nejen při ideálním kovovém zemním spojení, ale i při odporových zemních spojeních. V mezním stavu při napětí uzlu sítě 33% se vývodem s poruchou může uzavírat pouze 33% kapacitního proudu sítě, které by však ještě s dostatečnou přesností měly přesáhnout nastavení zemní nadproudové ochrany, vyjádřené obvykle formulovanou podmínkou

$$I_{nast} \leq \frac{0,33 \cdot I_{kap}}{k_c \cdot p_i} \quad (10)$$

$k_c$  – koeficient citlivosti ochrany zaručující spolehlivý náběh

$p_i$  – převod proudového transformátoru

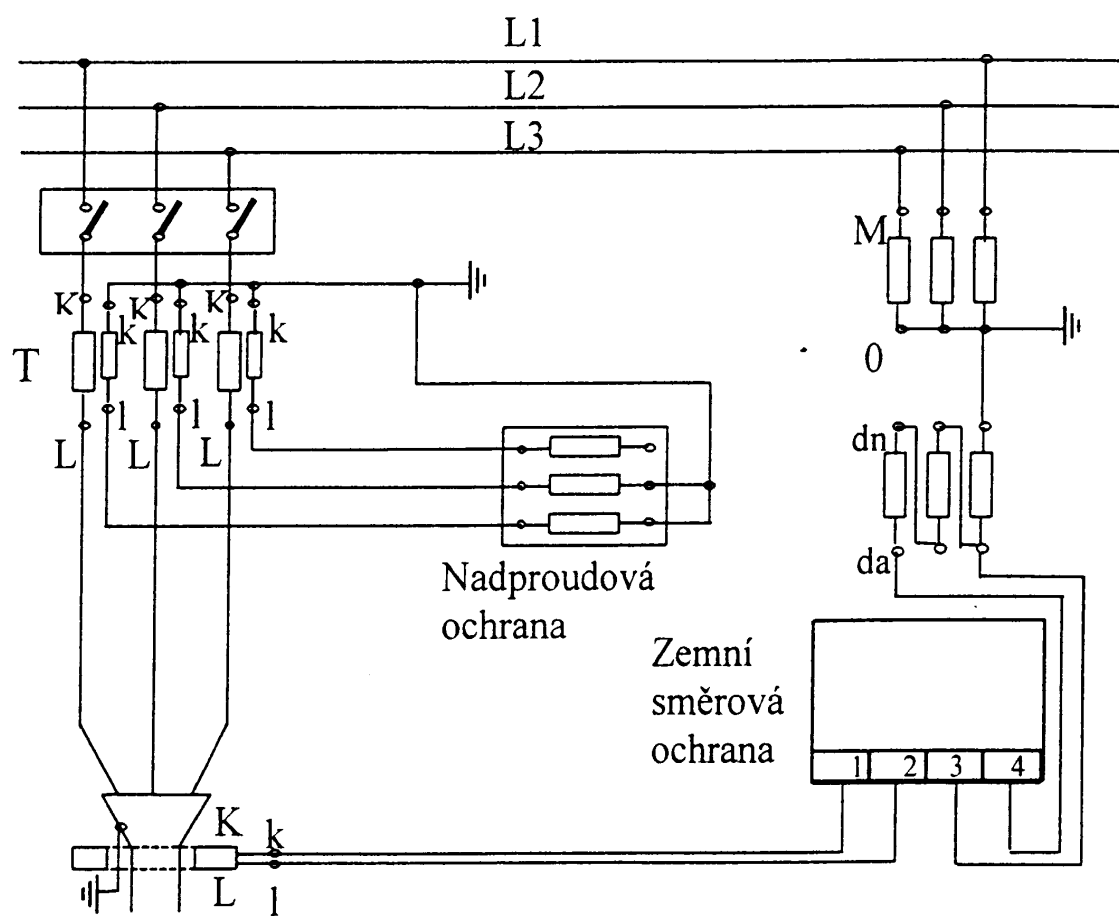
Současně však musí být zajištěno, aby tato ochrana nenabíhala falešně při zemní poruše na jiném vedení, kdy nepostiženým vývodem protéká jeho plný vlastní kapacitní proud, tedy



$$I_{nast} \geq k_b \cdot \frac{I_{kapl}}{p_i} \quad (11)$$

Spojením těchto podmínek je možné formulovat podmínku použitelnosti nadproudového kritéria např. pro vývod č. 1

$$I_{kap} \geq 3 \cdot k_b \cdot k_c \cdot I_{kapl} \quad (12)$$



Obr. 10 Připojení zemní směrové ochrany a součtový transformátor proudu

Pro minimální hodnoty  $k_c = 1,2$  a  $k_b = 1,3$  to znamená, že kapacitní proud sítě musí být alespoň 4,7 násobek vlastního kapacitního proudu vývodu.

Dalším samozřejmým předpokladem je, aby použité nadproudové ochrany měly potřebnou citlivost.

Protože tyto předpoklady obvykle splněny nejsou, používají se v sítích s izolovaným uzlem směrové ochrany.

$$Q = U_N \cdot I_\Sigma \cdot \sin \varphi \quad (13)$$

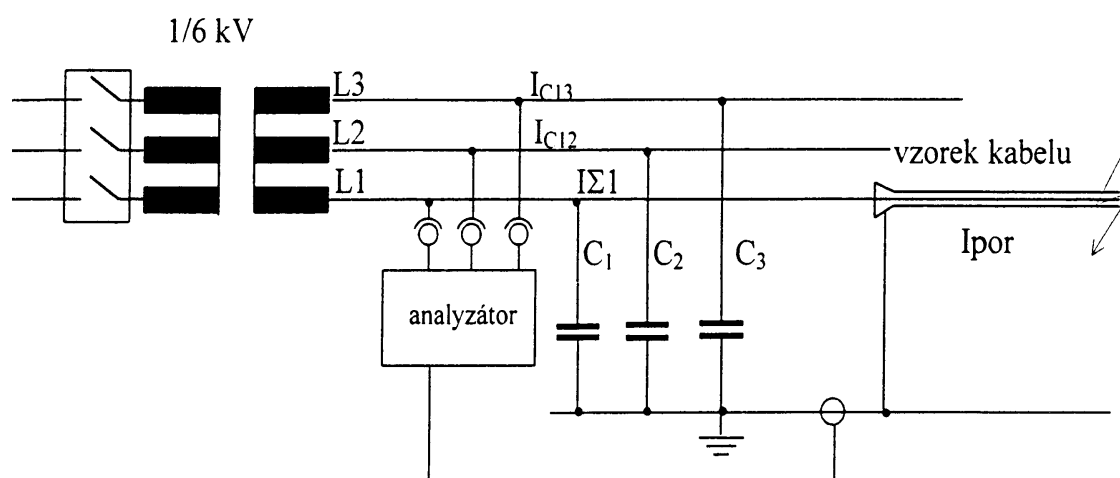
V tomto případě se směr proudu a tím i výkonu jednoznačně liší mezi postiženým a nepostiženým vývodem, proto postačí splnit podmínku dostatečné citlivosti relé

$$Q_{nast} \leq 0,11 \cdot 100 \cdot \frac{I_{kap} - I_{kap1}}{k_c \cdot p_i} \quad (14)$$

U silně zatížených sítí malého rozsahu a zapojením zemní ochrany podle Obr. 9 (součtové zapojení proudových transformátorů) může být splnění této podmínky nereálné. Je pochopitelně otázkou, do jaké míry lze kategoricky požadovat činnost ochrany i při zemních spojeních s mezní velikostí  $U_N = 33\% U_f$ .

## 2.11. Měření přechodových odporů zemních poruch důlních kabelů

Obr. 11 ukazuje, jakým způsobem je předpokládáno určování přechodového zemního odporu na modelu sítě. Síťové kapacity budou tvořeny vhodnými kondenzátory, umělé poruchy budou na vzorcích kabelů. Určování těchto hodnot za provozu sítě by bylo příliš rizikové vzhledem k možným následným poruchám a ohrožení provozu dolu.



**Obr. 11** Měření přechodových odporů kabelových poruch

### III. Praktická část

## 3. Popis objektu

### 3.1. Místo realizace

Projekt ZKUŠEBNY DŮLNÍCH STROJŮ A ZAŘÍZENÍ (dále případně jen zkušebny) bude realizován v hale montáží společnosti T Machinery a.s. [6]. Tato společnost sídlí v areálu bývalého lignitového dolu Tomáš v katastru obce Ratíškovice – bývalý okres Hodonín. Společnost T Machinery a.s. se zabývá vývojem, výrobou, prodejem a servisem zařízení pro hlubinné doly. Projekt zkušebny je v celém svém rozsahu zamýšlen ve stávajících prostorách společnosti T Machinery a.s.



***Obr. 12 Obec Ratíškovice***



***Obr. 13 Areál společnosti T Machinery a.s.***

## 3.2. Účel a přínos realizace projektu

### 3.2.1. Obecně

Účel realizace zkušebny vyplývá z výrobního programu společnosti T Machinery a.s. a z potřeby zajistit splnění následujících požadavků kladených na vyráběná důlní zařízení:

- funkčnost
- bezpečnost
- spolehlivost

Tato vyráběná důlní zařízení mají v rámci České Republiky velmi výjimečný charakter. Kvalitativně kladou tato zařízení obrovský důraz nejen na precizní strojní výrobu, ale především na profesionální přístup pracovníku elektro-výroby. Zkušebna je pro firmu s takto zaměřeným výrobním programem jedním ze základních pilířů pro zaručení jakosti.

Společnost T Machinery a.s. disponuje jako jeden z mála českých výrobců vlastním vývojovým a výzkumným oddělením, specializujícím se na návrh a konstrukci nových zařízení, ale především také na hledání technických řešení v problematice zařízení hlubinných dolů. Realizace zamýšlené zkušebny by pak radikálně navýšila možnosti vývojového oddělení tím způsobem, že by mu dala do rukou technický nástroj, který v rámci minimálně jihomoravského regionu nemá obdoby. Zkušebna by pak dále umožnila rozvoj a růst odborníků nejen na problematiku zařízení hlubinných dolů, ale i odborníků v jiných specializovaných strojních a elektrotechnických oborech.

Společnost T Machinery a.s. se svou výrobou orientuje především do zemí jako Rusko a Ukrajina, ve kterých už působí také řada jiných zahraničních i domácích výrobců. Realizace projektu zkušebny by významným způsobem navýšila kredit společnosti a zvedla konkurenceschopnost společnosti v nejen zmiňovaných státech. Tato skutečnost by se mohla pozitivně promítnout do počtu pracovních míst ve společnosti a tudíž do nezaměstnanosti v regionu, ve kterém společnost sídlí.

Svémi plánovanými technickými možnostmi a případným dalším rozvojem by zkušebna umožňovala případnou spolupráci s akreditovanými zkušebními orgány nebo s odbornými vzdělávacími institucemi, kterými jsou například specializované vysoké a střední školy.

### 3.2.2. Technické možnosti projektu

Zkušebna umožní svými technickými parametry komplexní zkoušení celého spektra vyráběných zařízení společností T Machinery a.s. Jmenovitě umožní zkušebna provádět následující druhy zkoušek:

- zkoušky mechanické – obecná odolnost
- zkoušky mechanické – obecná spolehlivost
- zkoušky mechanické – obecná kompletnost
- zkoušky mechanické – obecná výkonnost
- zkoušky elektrické – namáhání izolace
- zkoušky elektrické – proudová odolnost
- zkoušky elektrické – elektrická kompletnost
- zkoušky elektrické – zatížitelnost/výkonnost
- zkoušky elektrické – rušení (EMC)
- zkoušky elektrické – elektrická spolehlivost

### 3.3. Obecný popis






Základním přínosem zkušebny je možnost napájet vyráběná zařízení jejich jmenovitým napájecím napětím a z elektricky tvrdého a stabilního zdroje. Dosavadní elektrická síť v hale montáží (místo zamýšlené zkušebny) totiž disponuje pouze trojfázovou soustavou 230/400 V/AC a navíc společnou pro velkou část továrny. Zařízení, která se zde zkouší, však vyžadují jmenovité napájecí napětí v hodnotách 500, 660, 1000, 1140, a v budoucnu 3300 a 6000 V/AC. To vše při odebíraných výkonech ve stovkách kW. Doposud je tato skutečnost řešena pomocnou transformací napětí ze 400 V/AC na potřebnou vyšší napěťovou hladinu, což není vhodný způsob pro napájení výkonových zařízení. Takto vytvořený pomocný

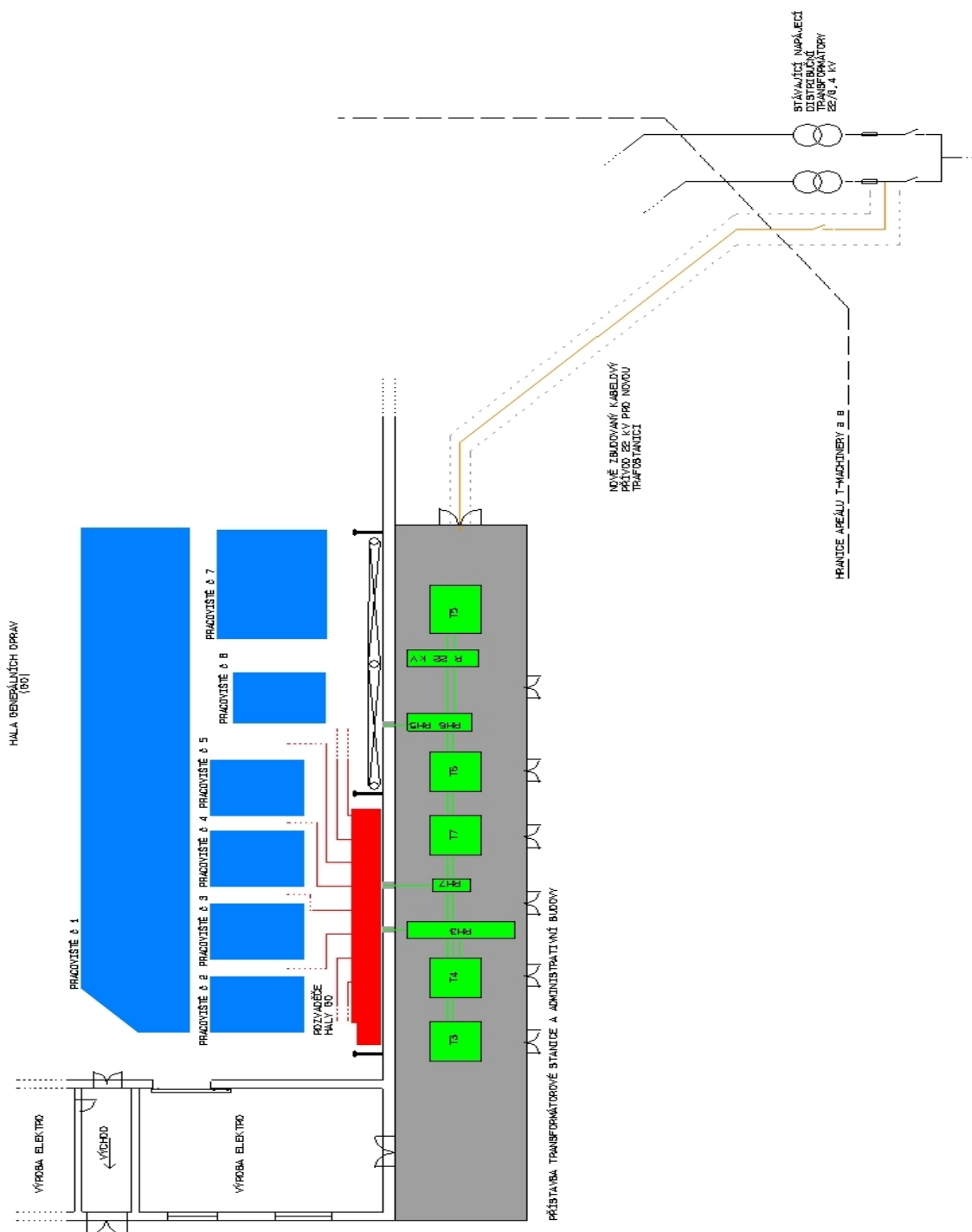
zdroj je elektricky měkký a nestabilní. Navíc nemá schopnost přenést do zkoušeného zařízení potřebný elektrický výkon.

Napěťové hladiny, kterými bude zkušebna disponovat, umožní vytvořit rozmanitá zkušební strojní a elektrická pracoviště potřebná pro zajištění zkoušek. Součástí dvou strojních zkušebních zařízení budou například i dva dynamometry sloužící pro zatěžování elektromotorů, celých konstrukčních soustav elektromotor-převodovka nebo ke stanovování momentových charakteristik elektromotorů.

### 3.4. Koncepční popis

Zamýšlená zkušebna v sobě zahrnuje nezbytná inženýrská řešení stavebního, elektrotechnického a strojírenského odvětví. Na Obr. 14 je uveden situační plán vlastní zkušebny a další potřebné infrastruktury.

ZKUŠEBNA		- jednotlivá zkušební pracoviště s kompletním vybavením
		- napájecí rozvaděče zkušebny s kompletní elektroinstalací
		- kompletní vybavení nové napájecí trafostanice
		- kabelový přívod 22 kV pro novou trafostanici
POTŘEBNÁ INFRASTRUKTURA (dokončeno)		- přístavba nové napájecí trafostanice, dílny a administrativní budovy



Obr. 14 Situační plán zkušebny a potřebné infrastruktury



## 3.5. Technický popis

### 3.5.1. Kabelový přívod

Připojení nové transformátorové stanice k veřejné rozvodné síti bude řešeno pomocí v zemi uloženého VN kabelu [5]. Celková délka přípojně kabelové trasy je přibližně 200 m. Kabel bude řešen třemi jednožilovými vodiči typu 22-AVXEKVCE 1x150. Souběžně s přívodním kabelem bude na dno výkopu uložen zemnicí pásek FeZn 30/4.

### 3.5.2. Transformátorová stanice

Trafostanice je vybavena celkem pěti transformátory T3, T4, T5, T6 a T7 umístěnými v pěti transformátorových kobkách. Všechny tyto transformátory mají napětí primárního vinutí 22 kV. Transformátory T3 a T4 jsou provozovány jako síť TN-S s ochranou před nebezpečným dotykem neživých částí – samočinným odpojením od zdroje. Transformátory T5, T6 a T7 jsou zdroje pro zkušebnu. Dále budou v trafostanici dvě rozvodné místnosti s rozvaděči RH3, RH5, RH6, RH7 a R 22kV. VN rozvaděče jsou z konstrukčního hlediska zapouzdřené, plynem izolované. NN rozvaděče jsou klasické, oceloplechové konstrukce. Sekundární strany transformátorů budou vyvedeny přes své příslušné rozvaděče do rozvaděčů haly GO. Parametry transformátorů i rozvaděčů jsou uvedeny v tabulce.

Všechny transformátorové kobky jsou vybaveny nuceným větráním. Toto větrání zajišťují termostaticky ovládané lopatkové ventilátory. Na každém termostatu je možné nastavit teplotu sepnutí spolu s velikostí vlastní hystereze.

**Tabulka 1: Parametry jednotlivých transformátorů v trafostanici**

Ozn.	Účel	Typ	Sn	U1	U2	Regulace	Zapojení	Dodavatel
-	-	-	kVA	V	V	%	-	-
<b>T3</b>	napájení stávající haly	suchý	630	22 000	400	± 5	Dyn1	BEZ BRATISLAVA
<b>T4</b>	napájení nové haly	suchý	630	22 000	400	± 5	Dyn1	BEZ BRATISLAVA
<b>T5</b>	zkušebna na hale GO	suchý	2 500	22 000	6 000 3 300	± 5	Dyn1	BEZ BRATISLAVA
<b>T6</b>	zkušebna na hale GO	suchý	360	22 000	1 140 1 000	± 5	Dyn1	BEZ BRATISLAVA
<b>T7</b>	zkušebna na hale GO	suchý	250	22 000	660 500	± 10	Dyn1	BEZ BRATISLAVA

**Tabulka 2: Parametry jednotlivých rozvaděčů v trafostanici**

Ozn.	Účel	Typ	U	Popis	Dodavatel
-	-	-	V	-	-
<b>RH3</b>	sekundární strana T3 a T4	oceloplechový	400/230	rozvaděč rozdělen podélnou spojkou na dvě části, šest polí	SPÁLOVKSÝ a.s.
<b>RH5</b>	sekundární strana T5	zapouzdražený	6 000 3 300	čtyři pole sestavená do dvou dvojic	AREVA PRAHA
<b>RH6</b>	sekundární strana T6	zapouzdražený	1 140 1 000	dvě pole ve dvou skříních	AREVA PRAHA
<b>RH7</b>	sekundární strana T7	oceloplechový	660 500	jedno pole osazené jističem BL 1600	SPÁLOVKSÝ a.s.
<b>R 22 kV</b>	rozbočení 22kV pro primární strany transformátorů	zapouzdražený	22 000	šest polí	AREVA PRAHA

### 3.5.3. Rozvaděče zkušebny důlní techniky

Jedná se o soustavu rozvaděčů různých napěťových hladin a různých funkčních algoritmů. Každý z těchto rozvaděčů je navržen tak, aby svou funkcí maximálně pokryl potřeby zařízení, které bude napájet. Všechny rozvaděče, budou skříňové, oceloplechové konstrukce, vzduchem izolované. Vnitřní výstroj těchto rozvaděčů bude navržena firmou T-Machinery a.s. s ohledem na zkoušený výrobní program firmy.

#### 3.5.3.1. Rozvaděč RG1

Jedná se o hotový VN rozvaděč typu UniGear ZS1 dodávaný společností ABB. Tento rozvaděč bude vybaven vakuovým stykačem, odpínačem s uzemněním, proudovými a napěťovými transformátory a řídicí jednotkou s obslužným panelem. Dveře rozvaděče budou mechanicky blokovány na zemní poloze odpínače. Řídicí jednotka bude vybavena komunikačním rozhraním RS232 (protokol MODBUS). Přes toto komunikační rozhraní bude prováděn sběr dat do centrálního ovládacího rozvaděče RG6, kde budou data zpracovávána.

Rozvaděč bude na zkušebně dovybaven o výstražný světelný maják s akustickou signalizací. Maják bude rozsvícen po celou dobu, kdy bude sepnut výstupní silový stykač. Akustická signalizace bude spouštěna na dobu cca 5s vždy před každým sepnutím výstupního silového stykače.

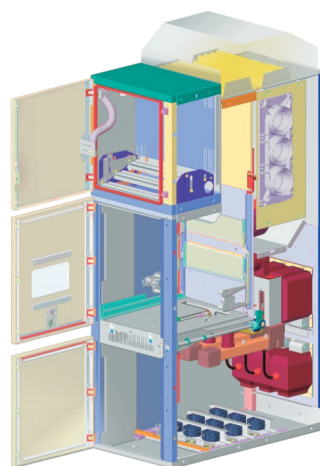
Z důvodu pohodlnější obsluhy rozvaděče bude toto zařízení vybaveno vstupy pro dálkové ovládání. Tyto vstupy zajistí možnost připojení ovládacího kabelu, který svou délkou umožní zapnutí nebo vypnutí výstupního silového stykače. Kromě tlačítek pro zapnutí (START) a vypnutí (STOP) silového stykače, bude dálkový ovladač opatřen bezpečnostním tlačítkem CENTRÁLNÍ STOP, které v případě nouze vypne od zdroje všechny kabelové výstupy ve všech rozvaděcích.

Na vstupy rozvaděče pro dálkové ovládání bude možné připojit také ovládací povelové vodiče (PV) z dobývacích kombajnů řady MB15. Tím bude zaručena možnost ovládat silový přívod do kombajnu přímo z jeho ovládacího pultu.

Výstup z tohoto rozvaděče bude řešen VN kabelem, který umožní napájet důlní transformátor ( 6kV ), kombajn řady MB 15 (3,3kV ) popř. samostatné motory na zkušební stolici s dynamometrem na pracovišti č. 7 (3,3kV).



*Obr. 15 Rozvaděč RG1 (ABB - UniGear ZS1)*



*Obr. 16 Rozvaděč RG1 (ABB - UniGear ZS1 - model)*

**Tabulka 3: Elektrické charakteristiky rozvaděče RG1 (ABB - UniGear ZS1)**

Charakteristická veličina	Hodnota	Jednotka
Jmenovité napětí	7,2	kV
Jmenovité izolační napětí	7,2	kV
Jmenovité krátkodobé výdržné střídavé napětí	20	kV 1,0 min
Jmenovité výdržné napětí při atmosférickém impulsu	60	kV
Jmenovitý kmitočet	50-60	Hz
Jmenovitý krátkodobý výdržný proud	...50	kA 3,0s
Jmenovitý dynamický proud	...125	kA
Výdržný proud při vnitřním obloukovém zkratu	...40	kA 1,0s
	...50	kA 0,5s
Jmenovitý proud hlavních přípojníc	...4000	A
Jmenovitý proud připojení odbočky	...630	A
Jmenovitý proud připojení odbočky s chlazením	...3600	A

### 3.5.3.2. Rozvaděč RG2

Rozvaděč bude konstrukčně řešen jako oceloplechová dvojitá skříň typu STA (Spalovský a.s.) s výzbrojí navrženou firmou T Machinery a.s. dle konkrétních požadavků napájeného zařízení. Rozvaděč pracuje s napětovou hladinou 1000/1140 V. Konkrétně bude rozvaděč osazen trojicí reverzačních odpojovačů, silovými pojistkami a devíti stykačovými jednotkami. Jedna stykačová jednotka představuje sestavu silového, vakuového stykače a kompletní ochrany kabelového výstupu. Jedna ochrana kabelového výstupu umožňuje chránit napájené zařízení před následujícími poruchami:

- zkrat
- nadproud
- proudová nesymetrie
- tepelné přetížení motorů, popř. jiných zařízení
- porucha celistvosti zemního vodiče
- porušení izolačního stavu

Dále bude rozvaděč osazen deskou MVV, která umožňuje měření teploty, napětí a vyhodnocení diskretních úrovní signálů. Všechny měřené veličiny deska MVV převádí do digitální podoby a pomocí CAN komunikačního protokolu posílá do nadřazeného řídicího systému rozvaděče.

Rozvaděč bude vybaven výstražným světelným majákem s akustickou signalizací. Maják bude rozsvícen po celou dobu, po kterou bude sepnut kterýkoliv výstupní silový stykač. Akustická signalizace bude zapnutá na dobu cca 5s vždy před každým sepnutím výstupního silového stykače.

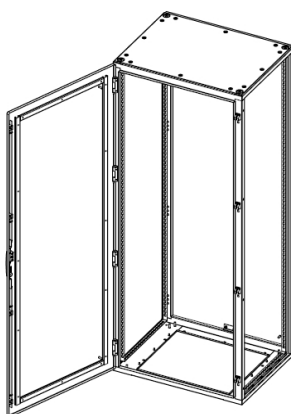
Z důvodu pohodlnější obsluhy rozvaděče, bude i tento rozvaděč vybaven vstupy pro dálkové ovládání. Tyto vstupy zajistí možnost připojení ovládacího kabelu, který svou délkou umožní zapnutí nebo vypnutí výstupního silového stykače. Kromě tlačítek pro zapnutí (START) a vypnutí (STOP) silového stykače, bude dálkový ovladač opatřen bezpečnostním tlačítkem CENTRÁLNÍ STOP, které v případě nouze vypne od zdroje všechny kabelové výstupy ve všech rozvaděcích.

Rozvaděč RG2 je určen pro napájení dvou, tří a čtyř-pohonového hřeblového dopravníku. Dále slouží pro napájení stykačové soupravy APK9U.

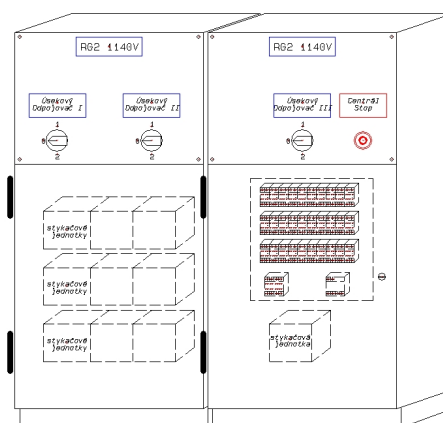
Dvě elektrické větve tohoto rozvaděče, které slouží pro napájení hřeblového dopravníku, budou ovládány pomocnými a časovými relé, která spolu jako celek vytvoří stejný spínací algoritmus jako stykačová souprava APK9U. Tento dopravníkový spínací algoritmus funguje tak, že nejprve sepne výstupní silové stykače, které napájí malá vinutí všech motorů na dopravníku. Po několika vteřinách (jakmile dojde k rozběhnutí dopravníku) začne algoritmus postupně spínat silové stykače napájející velké rychlosti motorů dopravníků a ve stejný moment vždy rozepne již dříve sepnuté malé rychlosti.



**Obr. 17** Příklad vyzbrojené oceloplechové skříně STA (Spalovský a.s.)



**Obr. 18** Pohled na samotnou oceloplchovou skřín typu STA (Spalovský a.s.)



**Obr. 19** Konkrétní použití skříní typu STA jako rozvaděče RG2

### 3.5.3.3. Rozvaděč RG3

Je řešen jako dvojitá oceloplechová skříň typu STA (Spalovský a.s.), která bude vyzbrojena firmou T Machinery a.s. Rozvaděč pracuje s napěťovou hladinou 1000/1140 V a bude vybaven dvojicí reverzačních odpojovačů, dvěma silovými pojistkami a trojicí stykačových jednotek (viz. popis rozvaděče RG2). Dále bude skříň obsahovat jeden samostatný vakuový stykač pro připojování odbočky s interním transformátorem 150 kVA. Tento transformátor bude mít sekundární vinutí s odbočkami 690 a 400V s manuálním přepínáním sekundárního vinutí Y/D. Výstup těchto odboček transformátoru ven z rozvaděče bude řešen přes jednu ze tří stykačových jednotek.

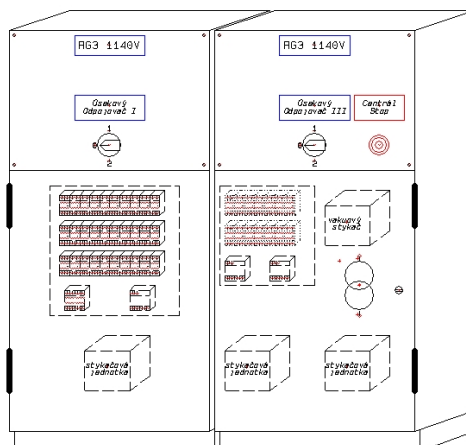
Z důvodu chlazeného interního transformátoru 150 kVA bude oceloplechová skříň osazena nahoře a dole větracími průduchy. Za jedním z těchto průduchů bude usazen ventilátor zaručující nucené proudění vzduchu uvnitř rozvaděče. Spouštění ventilátoru bude vázáno na vstupní vakuový stykač větve s transformátorem.

Podobně jako rozvaděč RG2 bude i rozvaděč RG3 osazen deskou MVV z důvodu měření, sběru a předávání provozních a poruchových dat nadřazenému řídicímu systému.

Rozvaděč bude vybaven výstražným světelným majákem s akustickou signalizací. Maják bude rozsvícen po celou dobu, po kterou bude sepnut kterýkoliv výstupní silový stykač. Akustická signalizace bude spouštěna na dobu cca 5s vždy před každým sepnutím výstupního silového stykače.

Z důvodu pohodlnější obsluhy rozvaděče, bude toto zařízení vybaveno vstupy pro dálkové ovládání. Tyto vstupy zajistí možnost připojení ovládacího kabelu, který svou délkou umožní zapnutí nebo vypnutí výstupního silového stykače. Kromě tlačítek pro zapnutí (START) a vypnutí (STOP) silového stykače, bude dálkový ovladač opatřen bezpečnostním tlačítkem CENTRÁLNÍ STOP, které v případě nouze vypne od zdroje všechny kabelové výstupy ve všech rozvaděčích

Tento rozvaděč bude mít celkem tři kabelové výstupy. Výstup s transformátorem 150 kVA slouží pro přímé napájení měniče kmitočtu MFK400.SN0 popř. EZMK1. Další kabelový výstup je určen také pro napájení měniče kmitočtu, avšak přes externí transformátor ZTO11. Třetí kabelový výstup slouží pro napájení dobývacího kombajnu.



**Obr.20 Konkrétní použití skříní typu STA jako rozvaděče RG3**

#### 3.5.3.4. Rozvaděč RG4

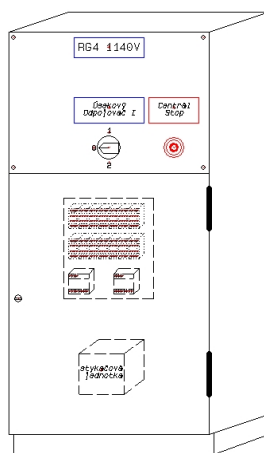
Je řešen jako jednoduchá oceloplechová skříň typu STA (Spalovský a.s.), která bude vyzbrojena firmou T Machinery a.s. Rozvaděč pracuje s napěťovou hladinou 1000/1140 V. Rozvaděč bude vybaven reverzačním odpojovačem, silovou pojistkou a kompletní stykačovou jednotkou. Stejně jako v jiných skříních, i zde bude osazena deska MVV.

Rozvaděč je určen pro napájení pracoviště č. 7, které je osazeno dynamometrem pro zkoušení motorů a celých konstrukčních celků s motory.

Rozvaděč bude vybaven výstražným světelným majákem s akustickou signalizací. Maják bude rozsvícen po celou dobu, po kterou bude sepnut kterýkoliv výstupní silový stykač. Akustická signalizace bude spouštěna na dobu cca 5s vždy před každým sepnutím výstupního silového stykače.



Z důvodu pohodlnější obsluhy rozvaděče, bude i tento rozvaděč vybaven vstupy pro dálkové ovládání. Tyto vstupy zajistí možnost připojení ovládacího kabelu, který svou délkou umožní zapnutí nebo vypnutí výstupního silového stykače. Kromě tlačítek pro zapnutí (START) a vypnutí (STOP) silového stykače, bude dálkový ovladač opatřen bezpečnostním tlačítkem CENTRÁLNÍ STOP, které v případě nouze vypne od zdroje všechny kabelové výstupy ve všech rozvaděčích.



***Obr. 21 Konkrétní použití skříní typu STA jako rozvaděče RG4***

### 3.5.3.5. Rozvaděč RG5

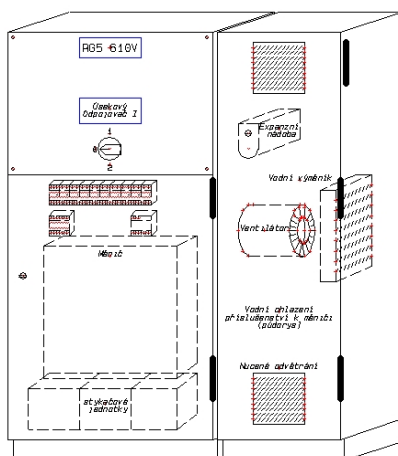
Rozvaděč bude konstrukčně řešen jako oceloplechová dvojité skříň typu STA (Spalovský a.s.) s výzbrojí navrženou firmou TMachinery a.s. dle konkrétních požadavků napájeného zařízení. Rozvaděč pracuje s napětovou hladinou 500/660 V. Konkrétně bude rozvaděč osazen dvojicí reverzačních odpojovačů, dvěma silovými pojistkami, třemi stykačovými jednotkami a dvěma samostatnými vakuovými stykači. I v tomto rozvaděči bude instalována deska MVV.

Do jedné z dvojice hlavních napájecích větví bude připojen měnič kmitočtu Freelop 400. Jedná se o měnič s vodním chlazením, které bude připojeno do interního chladicího okruhu s nuceným oběhem. Nucený oběh bude zajišťovat cirkulační čerpadlo. V interním chladicím okruhu bude zapojen také chladič (tepelný výměník voda/vzduch), který bude předávat teplo vody do okolního vzduchu. Na tomto chladiči bude usazen ventilátor zaručující nucené proudění okolního vzduchu skrz chladič a následně ven ze skříně rozvaděče.

Rozvaděč bude vybaven výstražným světelným majákem s akustickou signalizací. Maják bude rozsvícen po celou dobu, po kterou bude sepnut kterýkoliv výstupní silový stykač. Akustická signalizace bude spouštěna na dobu cca 5s vždy před každým sepnutím výstupního silového stykače.

Z důvodu pohodlnější obsluhy rozvaděče, bude toto zařízení vybaveno vstupy pro dálkové ovládání. Tyto vstupy zajistí možnost připojení ovládacího kabelu, který svou délkou umožní zapnutí nebo vypnutí výstupního silového stykače. Kromě tlačítek pro zapnutí (START) a vypnutí (STOP) silového stykače, bude dálkový ovladač opatřen bezpečnostním tlačítkem CENTRÁLNÍ STOP, které v případě nouze vypne od zdroje všechny kabelové výstupy ve všech rozvaděcích.

Rozvaděč je vybaven třemi kabelovými výstupy. Jeden slouží pro napájení měniče kmitočtu MFK400.SN0 popř. EZMK1 napětím 500/660 V 50Hz. Další kabelový výstup představuje výstup z měniče kmitočtu Freelop 400. Poslední kabelový výstup slouží pro napájení pojezdových motorů zkoušených na pracovišti č. 6 (500/660V 50Hz).

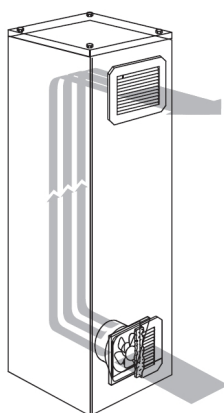


**Obr. 22 Konkrétní použití skříní typu STA jako rozvaděče RG5**

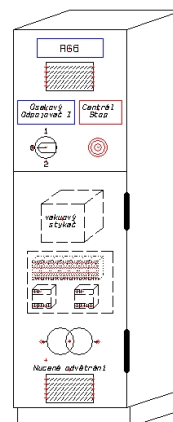
### 3.5.3.6. Rozvaděč RG6

Jedná se o centrální rozvaděč s bezpečnostními a ovládacími prvky. Rozvaděč bude rovněž obsahovat pomocný transformátor pro napájení elektronických obvodů (odbočka 42 V) a pro napájení pomocných zařízení (ventilátory, čerpadlo – odbočka 230 V). Rozvaděč bude obsahovat také řídicí systém (deska IQ), společný pro všechny rozvaděče RG1 až RG6. Tento řídicí systém bude sbírat data ze všech desek MVV (měřící rozhraní ostatních rozvaděčů) a na jejich základě provádět následné ovládací a informační procesy.

Vstupní dveře samotného rozvaděče budou opatřeny v horní a v dolní části větracími průduchy (Obr. 23). Na spodním průduchu pak bude instalován ventilátor zaručující nucené proudění vzduchu přes rozvaděč. Ventilátor bude spínán spolu s pomocným kontaktem odpojovače.



**Obr. 23** *Koncepce chlazení rozvaděčové skříně*



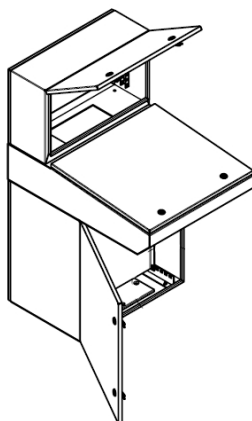
**Obr. 24** *Konkrétní použití skříní typu STA jako rozvaděče RG6*

### 3.5.3.7. Rozvaděč RG7

Jedná se o pracoviště pro sedící obsluhu. Pult bude vybaven výpočetní technikou, která bude schopna přijímat a analyzovat provozní a poruchová data ze všech pracovišť, tato data zobrazovat, archivovat popř. poskytovat do vnitropodnikové LAN sítě.

Základním informačním softwarem PC v ovládacím pultu bude program EnergoVision. Jedná se o program, který bude vyvinut na stejné platformě, jako v současnosti používaný program CarboVision (vizualizace provozu dobývacího kombajnu). Program EnergoVision bude graficky i textově zobrazovat provozní a poruchové stavy všech rozvaděčů zkušebny. Bude poskytovat aktuální informace o napětích a proudech v jednotlivých rozvaděčích, o poruchách v jednotlivých kabelových výstupech (nadproud, zkrat, nesymetrie, celistvost, pozistor, izolační stav), o polohách všech odpojovačů, o stavech kontaktů některých pomocných relé atd. Vybrané analogové hodnoty budou také vykreslovány do časových závislostí. Software bude schopen všechna tato data archivovat na serveru společnosti T Machinery a.s. a odsud také zpětně zobrazovat a analyzovat.

PC rozvaděč (pult) RG7 bude dále obsahovat indikační a záznamové programy, určené pro sledování zkoušek, probíhajících na jednotlivých pracovištích. Jedná se například o software Tester motoru, který slouží pro záznam dat při oteplovacích zkouškách motorů. Dále bude PC vybaven již zmiňovaným softwarem CarboVision. Tímto programem je možné monitorovat chod dobývacích kombajnů řady MB13 a vyšší, stykačové soupravy APK9U, měniče kmitočtu MFK400.SN0 a nepřímo i hřeblového dopravníku. Všechna data přenesená do tohoto programu je možné kromě on-line zobrazování také archivovat a předávat k pozdější detailnější analýze.



***Obr. 25 Ovládací pult RG7***

### 3.5.4. Zkušební pracoviště

Jedná se o zkušební prostor trvale určený ke zkouškám dobývacích kombajnů a hřeblových dopravníků (popř. podporubových dopravníků PZF). Současné zkoušení kombajnů a dopravníků není náhodné. Dobývací kombajn totiž využívá žlaby hřeblového dopravníku jako jakousi pojezdovou a vodicí kolejnici.

Zkušební prostor pro tato zařízení bude vyznačen pomocí bílé čáry na podlaze. Součástí pracoviště budou také bezpečnostní světelné majáky rozmístěné kolem pracoviště. Tyto majáky budou přenosné, aby nedošlo k jejich poškození při transportu zkoušených zařízení na pracoviště. Spouštění těchto majáků bude odvozeno od sepnutí kteréhokoli silového stykače, který bude přivádět silové napájení na pracoviště.

### 3.6. Finanční bilance

#### 3.6.1. Odhadované náklady na pořízení majetku

**Tabulka 4: Odhadované náklady na pořízení dlouhodobého hmotného majetku - DHM**

Název zařízení (technické parametry )	Množství	Cena ( Kč )
Kabel 22-AVXEKVCEY 1x150/25	cena za dílo	4 450 000
Rozvaděče RH3 - RH7		
Rozvaděč R 22kV		
trafo T3 - 630 kVA		
trafo T4 - 630 kVA		
trafo T5 - 2500 kVA		
trafo T6 - 630 kVA		
trafo T7 - 250 kVA		
Montáž a ostatní materiál pro trafostanici a přípojku 22 kV		
Vybavení RG7 (výpočetní technika)	1 ks	15 000
Chladicí systém pro RG5	1 ks	15 000
Rozvaděče oceloplechové - sada	1 ks	200 000
Modul odpojovač (APATOR PK 400 –TM)	8 ks	155 000
Modul stykač EVS (OHR EVS 400)	20 ks	1 000 000
Modul ochrana kabelového výstupu	18 ks	1 060 000
Pojistka (400A 1000/1140V) + držák	8 ks	48 000
Trafo 3Txg150 (150 kW, 1140/1000V//660/500V)	1 ks	280 000
Měnič frekvence freelop MFK	1 ks	870 000
Hlídač izolačního stavu RRgFx/M-10	1 ks	75 000
Hlídač izolačního stavu RRgFx/M-11	1 ks	75 000
Elektroinstalační materiál pro rozvaděče RG	1 ks	100 000
Rozvaděč RG1	1 ks	900 000
Dynamometr + příslušenství -pracoviště č.7	1 ks	1 500 000
Zkušební stolice - pracoviště č.6 - materiál	1 ks	70 000
Zkušební stolice - pracoviště č.7 - materiál	1 ks	40 000
Bezpečnostní závory	1 ks	35 000
Kabeláž 3 x 70 + 3 x 35/3E + 3 x 2.5ST + 6ÜL KON 3.6/6 kV NTSCGECWÖU	220 m	200 000
<b>DHM celkem :</b>		<b>11 088 000</b>

### 3.6.2. Ekonomická návratnost projektu z pohledu úspor servisních nákladů

Základní přínos projektu, kterým je možnost řádného odzkoušení zařízení na vlastní zkušebně, umožní snížit četnost a náročnost garančních servisních zásahů na dodávaných zařízeních [6]. Za rok 2008 se celkové náklady na výjezdy servisních pracovníků vyšplhaly na částku cca 6 mil. Kč. Tyto servisní náklady zahrnují mzdy, cestovné, náklady na ubytování apod. Meziročně se tyto náklady zvyšují v průměru o cca 11-16 % (růst je způsoben inflací a navyšováním objemu prodaných zařízení). Vzhledem k současným reálným možnostem společnosti expandovat do dalších světových těžebních lokalit, by tyto náklady dále stoupaly matematickou řadou.

Další významnou nákladovou položkou v rámci servisu jsou náklady na dopravu náhradních dílů. Za rok 2008 činily tyto náklady cca 800 000 Kč. Uvažuje se s meziročním růstem těchto nákladů ve výši 8% (růst zapříčiněn inflací a navyšováním objemu prodaných zařízení).

Pokud uvažíme, že realizace zkušebny bude mít pozitivní vliv také na spolehlivost a menší poruchovost vyráběných strojů, je logické, že se sníží i náklady na výrobu a nákup náhradních dílů potřebných k opravě strojů v garanční době. Finanční objem těchto náhradních dílů se v tomto roce pohyboval okolo 11 mil. Kč. Vlivem inflace, nestabilních vstupů výroby a předpokládané expanzi společnosti na nový trh, se odhaduje meziroční růst těchto nákladů v následujících letech ve výši 6%.

Realizací zkušebny v areálu společnosti a řádným zkoušením vyráběných zařízení při jejich jmenovitých podmínkách, se předpokládají relativní roční úspory z výše popsaných nákladových položek ve výši 12%.

Jak vypadá tato výše popsaná skutečnost ve vztahu k zamýšlené zkušebně a uspořenému servisním nákladům v následujících 5-ti letech, znázorňuje Tabulka 5. Pokud z této tabulky vezmeme sumu celkových uspořené nákladů, která činí 15 961 tis. Kč, a porovnáme ji s celkovými odhadovanými investičními náklady (11 440 tis. Kč) je zřejmé, že doba návratnosti celého investičního projektu je menší než 5 let. Z průběhu růstu uspořené nákladů je lze dokonce blíže stanovit dobu návratnosti na rok 2014, tzn. v průběhu čtvrtého roku provozu zkušebny po jejím dokončení.



**Tabulka 5: Vyjádření odhadovaných úspor na servisních aktivitách**

Situace	Název	Rok					Suma
		2011	2012	2013	2014	2015	
<b>Trend za současné situace (bez zkušebny)</b>	Náklady na servis (mzdy, cestovné, diety, ubytování apod.) [ tis. Kč ]	8 317	9 481	10 998	12 208	13 672	<b>54 676</b>
	Náklady na servis (doprava náhradních dílů) [ tis. Kč]	1 008	1 088	1 175	1 269	1 370	<b>5 910</b>
	Náklady na nákup a výrobu náhradních dílů během garance stroje [ tis. Kč ]	12 594	13 475	14 419	15 428	16 508	<b>72 424</b>
	Náklady celkem [ tis. Kč ]	21 919	24 044	26 592	28 905	31 550	<b>133 010</b>
<b>Realizován projekt zkušebny</b>	Úspory 12% z celkových nákladů v daném období [ tis. Kč ]	2 630	2 885	3 191	3 469	3 786	<b>15 961</b>
	Růst úspor z celkových nákladů na konci jednotlivých let [ tis. Kč ]	2 630	5 515	8 706	12 175	15 961	<b>-</b>

## IV. Závěr

V teoretické části jsem se věnoval elektroenergetice důlních zařízení z pohledu připojení zařízení k energetické síti, řešení kabelové sítě v dolech a obecnému řešení sítí s izolovaným uzlem spolu s metodami zjišťování zemních poruch.

Na teoretickou část navazuje část praktická, ve které se návrh zkušebny musel podřídít co nejvěrnějšímu napodobení energetické sítě používané v dolech a také zaručení bezpečnosti pracovníků při provádění zkoušek. Toho bylo docíleno použitím vlastních transformátorů k napájení zkušebny, dále pak použitím silových ovládacích prvků, systému řízení a sběru dat, které byly vyvinuty firmou T Machinery a.s. a jsou používány v zařízeních dodávaných do dolů (jedná se např. o dobývací kombajny, stykačové skříně, porubové hřeblové dopravníky atd.).

V současné době je z celého projektu zkušebny dokončena trafostanice. Samotné vybavení zkušebny bude realizováno po obdržení peněz z Evropského fondu pro regionální rozvoj z již schválené dotace „Operační program podnikání a inovace – Program Potenciál – Výzva II“ podané u agentury CZECHINVEST. Termín dokončení je plánován do konce roku 2010. Po dokončení se očekává výrazné zlepšení kvality vyráběných zařízení a zrychlení testování a uvádění do výroby nově vyvíjených součástí.

K realizaci návrhu zkušebny důlní techniky jsem přispěl návrhem elektroinstalace v rozvaděčích RG dle požadavků firmy T Machinery a.s. za průběžného konzultování návrhů s odpovědnými zaměstnanci. Od tohoto návrhu se odvíjí logika ovládání a možnosti prováděných zkoušek zařízení připojených k jednotlivým rozvaděčům a dále vybavení rozvaděčů silovými, ovládacími a komunikačními prvky. Po dokončení návrhu byla celá dokumentace předána inženýrům firmy T Machinery a.s., kteří provedli úpravy návrhu tak, aby odpovídal přesným požadavkům na zkušebnu důlní techniky.

## V. Použitá literatura

- [1] PROCHÁZKA, Karel. *Vliv napěťových a proudových poměrů na provoz a projektování zařízení kompenzovaných sítí vn.* Sborník DT ČTVS České Budějovice, 1972
- [2] PROCHÁZKA, Karel. *Zásady volby způsobů provozu uzlu v síti vn. In.: Zemnění uzlu sítí vysokého napětí*, DT ČTVS České Budějovice, 1976
- [3] PROCHÁZKA, Karel. *Podmínky činnosti zemních ochran v sítích vysokého napětí*, Energetika 8/1977
- [4] HRADÍLEK, Zdeněk. *Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí*, 1. vydání, ISBN 978-80-248-1696-8
- [5] T Machinery a.s. *Grantový projekt NN-VN zkušebna v hale generálních oprav*, pracovní verze, září 2009
- [6] T Machinery a.s. *Podnikatelský záměr – Zkušebna důlních strojů a zařízení*, Operační program Podnikání a inovace 2007 – 2013, listopad 2009

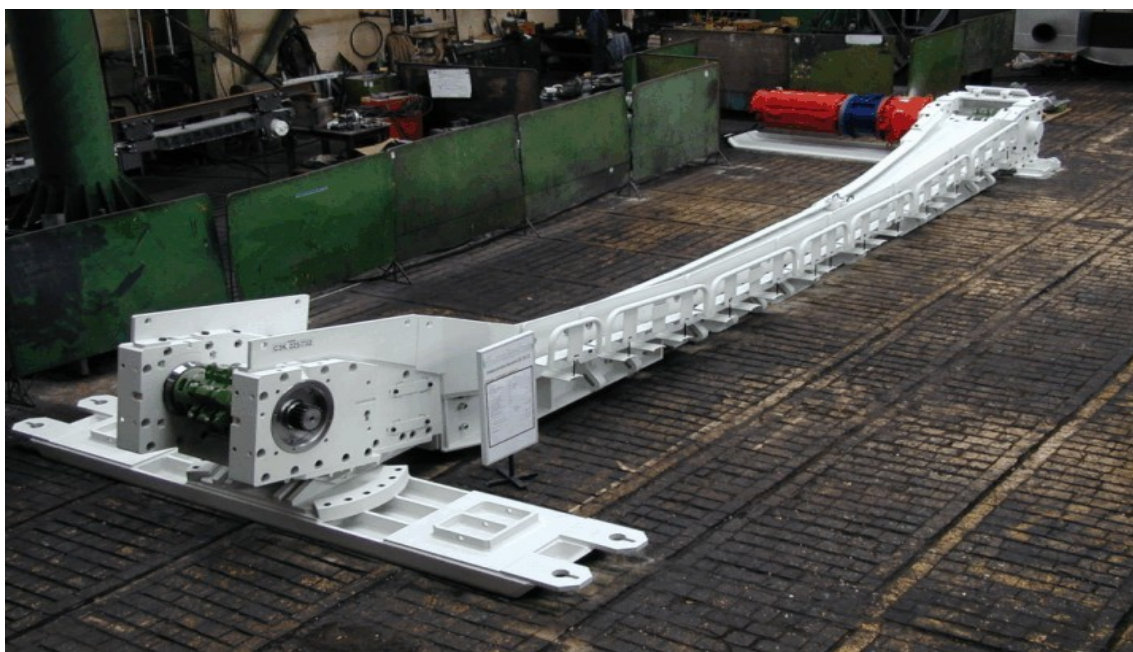
## VI. Přílohy



*Obr. 26 Dobývací kombajn typ MB-12 vyráběný firmou T Machinery a.s.*

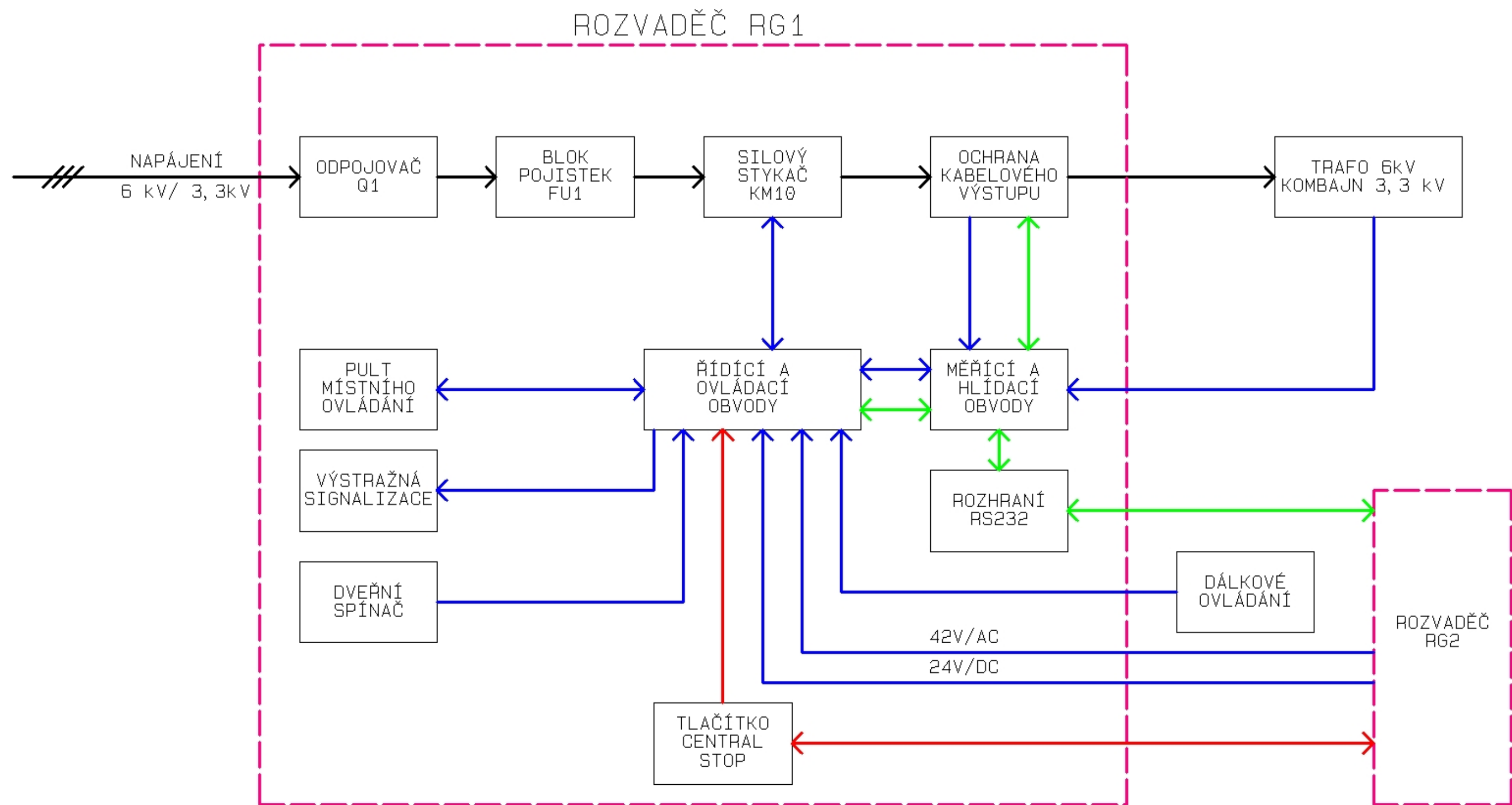


*Obr. 27 Dobývací kombajn typ MB-12 vyráběný firmou T Machinery a.s.*



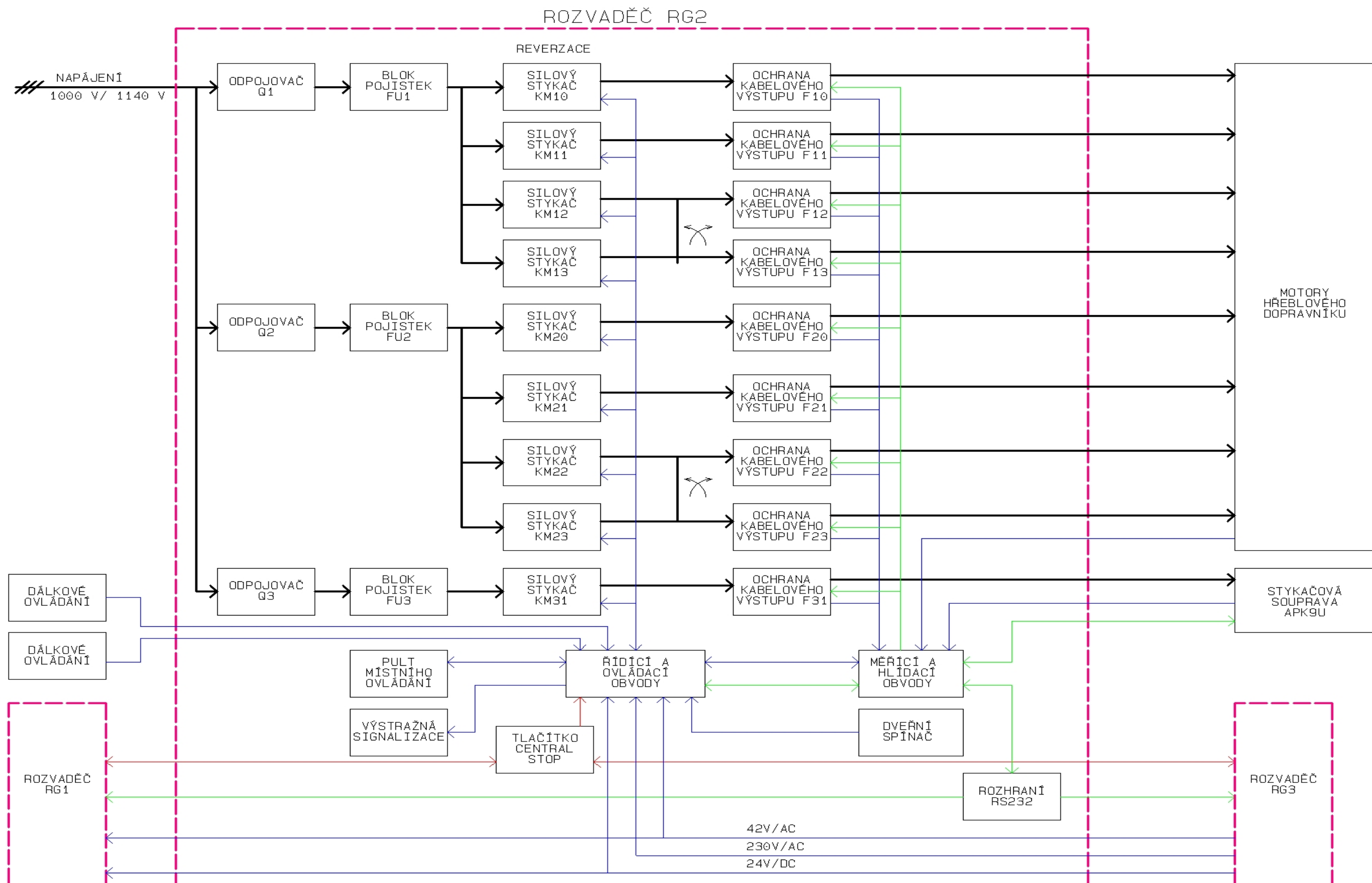
*Obr. 28 Porubový hřeblový dopravník vyráběný firmou T Machinery*

## Bloková schemata rozvaděčů RG1 – RG7



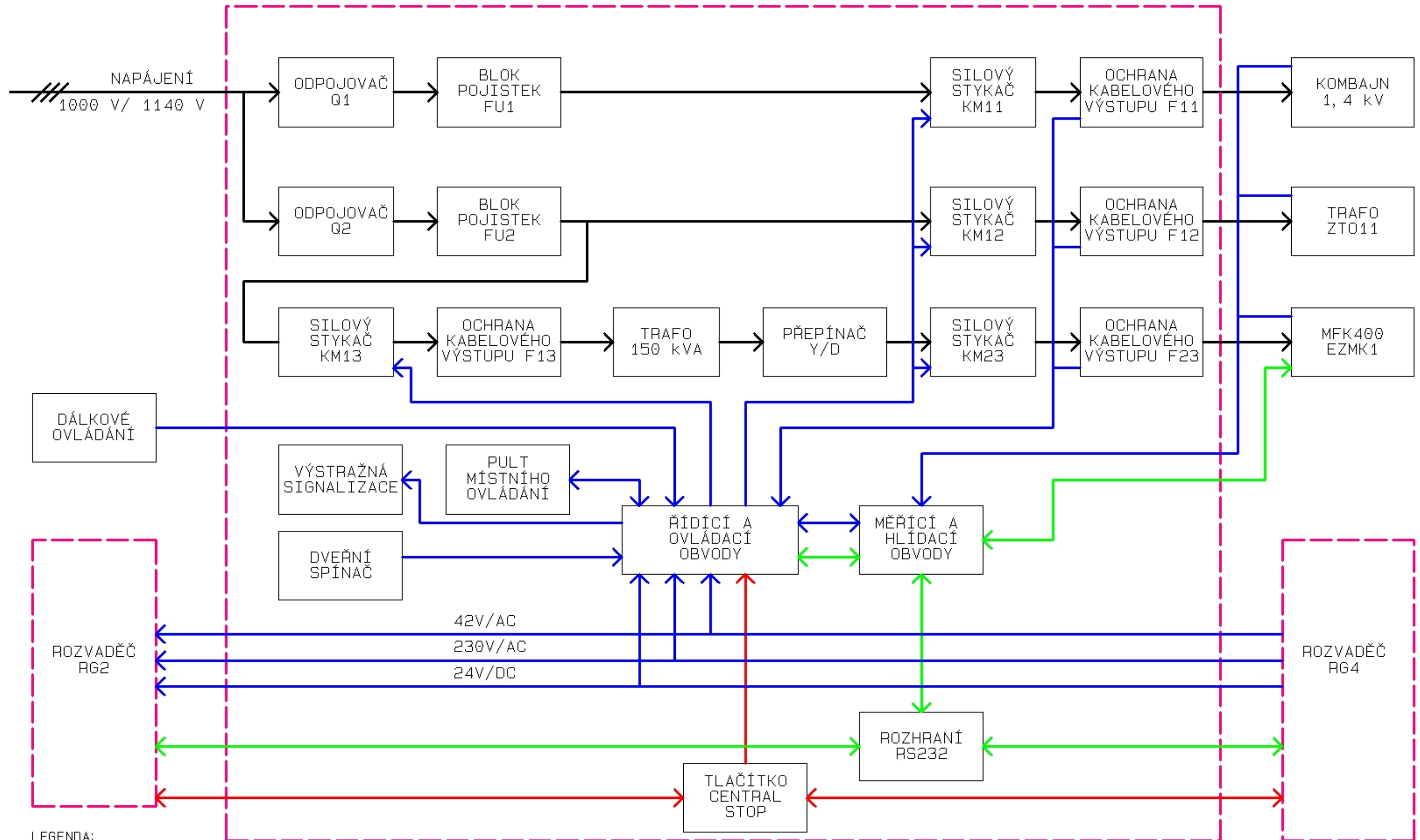
LEGENDA:

- Šasi rozvaděče
- Silové napájení
- Vodiče ovládací, pomocného napájení a měření
- Vodiče bezpečnostních tlačítek CENTRAL STOP
- Vodiče informační a diskrétního řízení





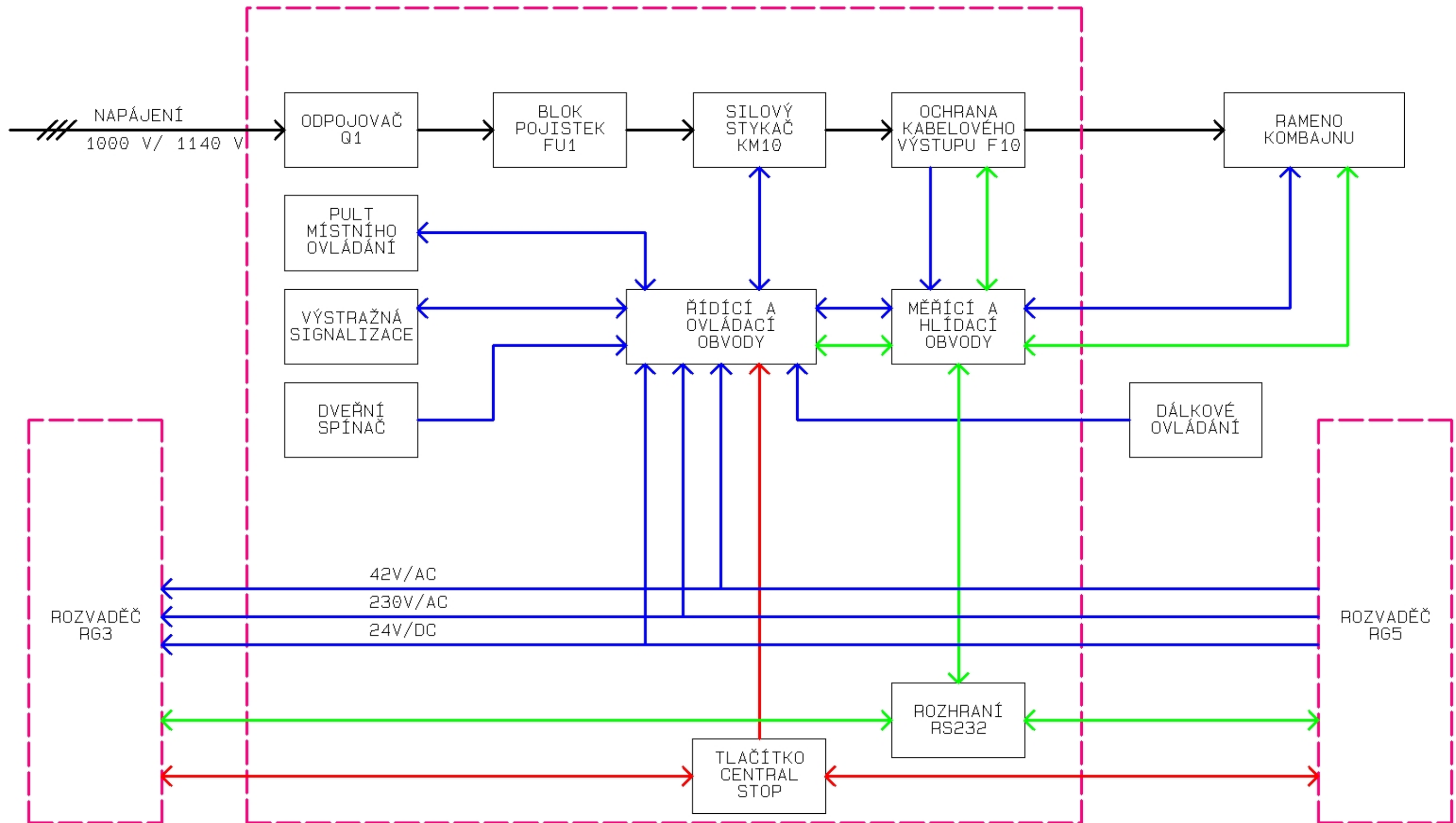
# ROZVADĚČ RG3



## LEGENDA:

- Šasi rozvaděče
- Silové napájení
- Vodiče ovládací, pomocného napájení a měření
- Vodiče bezpečnostních tlačítek CENTRAL STOP
- Vodiče informační a diskrétního řízení

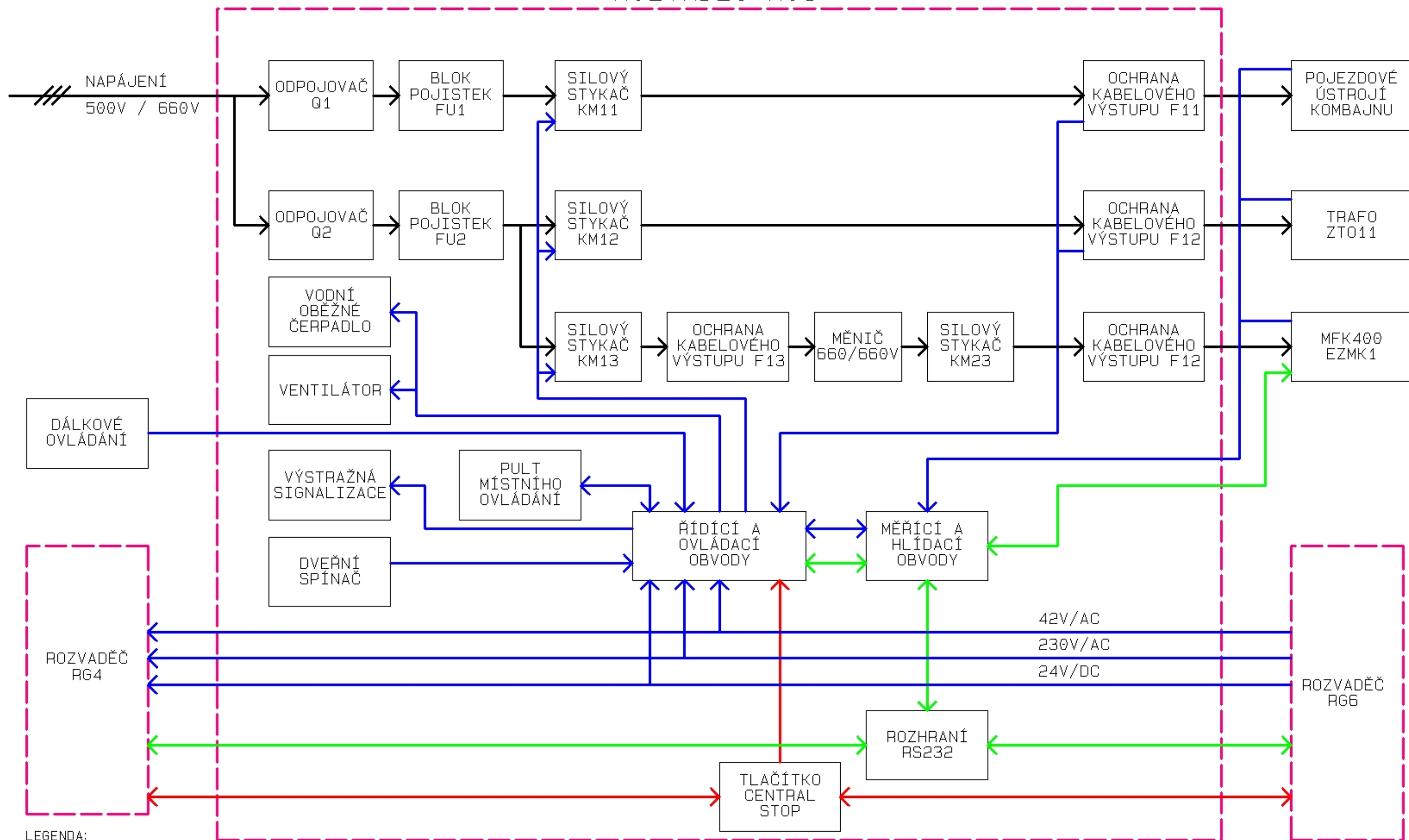
# ROZVADĚČ RG4



## LEGENDA:

- Šasi rozvaděče
- Silové napájení
- Vodiče ovládací, pomocného napájení a měření
- Vodiče bezpečnostních tlačítek CENTRAL STOP
- Vodiče informační a diskrétního řízení

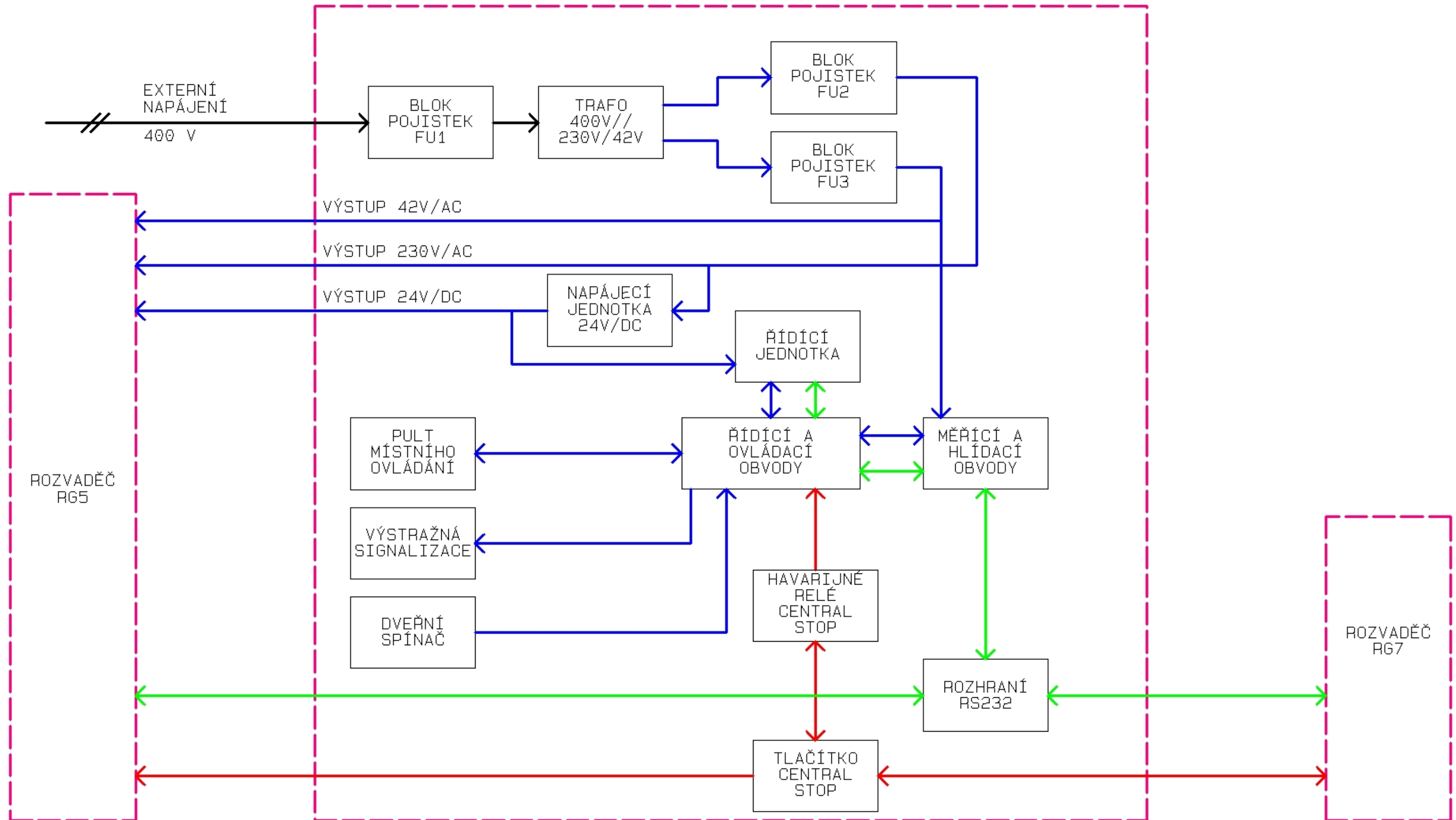
# ROZVADĚČ RG5



## LEGENDA:

- Šasi rozvaděče
- Silové napájení
- Vodiče ovládací, pomocného napájení a měření
- Vodiče bezpečnostních tlačítek CENTRAL STOP
- Vodiče informační a diskrétního řízení

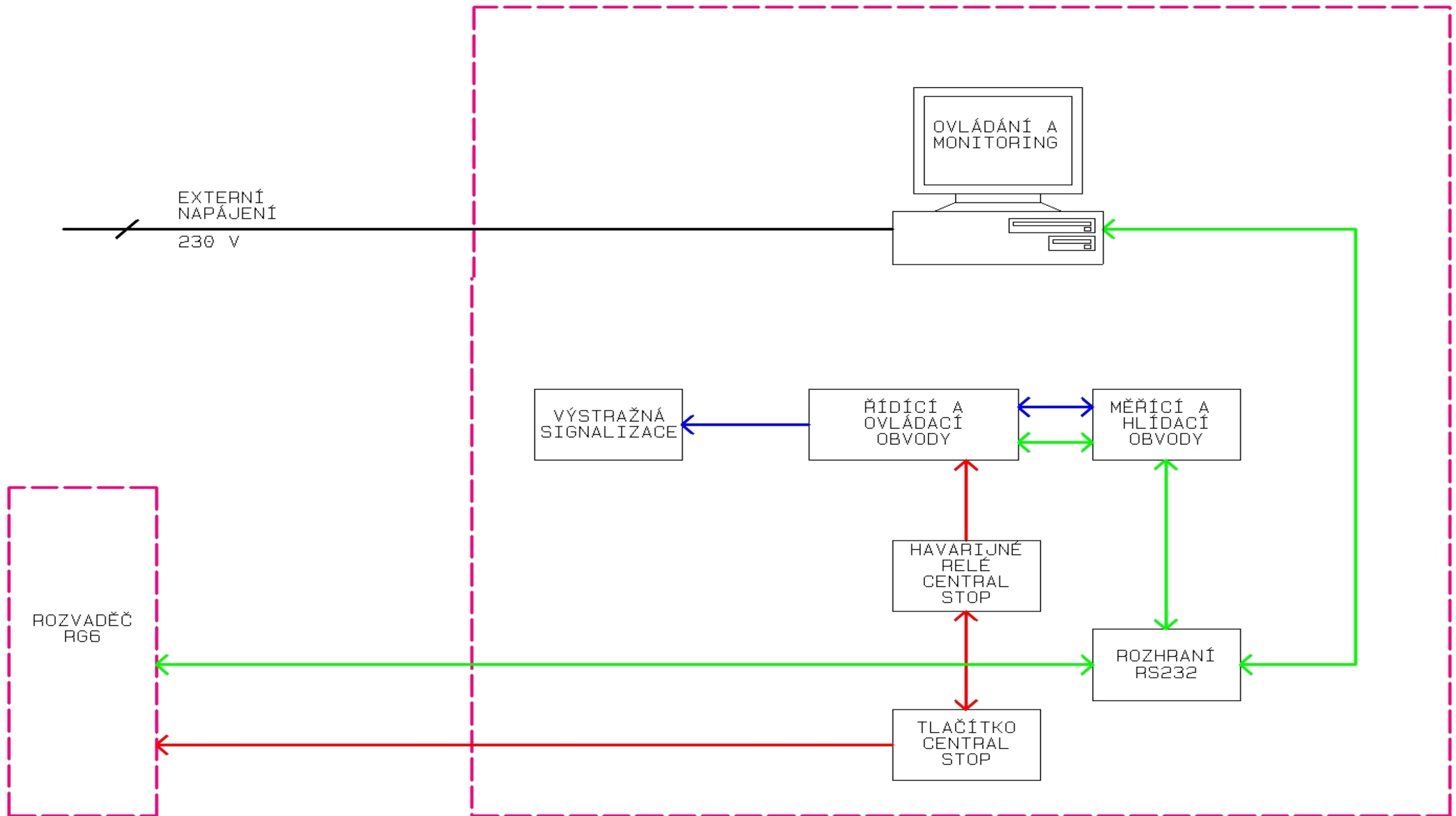
# ROZVADĚČ RG6



## LEGENDA:

- Šasi rozvaděče
- Silové napájení
- Vodiče ovládací, pomocného napájení a měření
- Vodiče bezpečnostních tlačítek CENTRAL STOP
- Vodiče informační a diskrétního řízení

# ROZVADĚČ RG7



## LEGENDA:

- Šasi rozvaděče
- Silové napájení
- Vodiče ovládací, pomocného napájení a měření
- Vodiče bezpečnostních tlačítek CENTRAL STOP
- Vodiče informační a diskretního řízení